

**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## Proyecto/Trabajo Final de Carrera

**Estudio:** Ingeniería Industrial. Plan 2002

**Título:**

ESTUDIO DEL PROCESO DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE SALIDA DE TELECABINAS SITUADO EN ESPUI (LLEIDA) MEDIANTE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

**Documento:** Memoria y Anexos  
Volumen I: Memoria

**Alumno:** Francesc Esteve Cots

**Director/Tutor:** Antonio Márquez Briones  
**Departamento:** Ingeniería Mecánica y de la Construcción Industrial  
**Área:** Máquinas y Motores Térmicos

**Convocatoria** (mes/año): Enero 2008

# ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	ANTECEDENTES .....	4
1.2	OBJETO .....	7
1.3	ESPECIFICACIONES Y ALCANCE .....	8
1.4	EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN DE LA ACTIVIDAD .....	10
1.5	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	10
2	ESTUDIOS PREVIOS .....	12
2.1	ESTUDIO SOLAR .....	12
2.1.1	DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR SOMBRAS .....	13
2.1.2	OPTIMIZACIÓN DE LA ZONA DE COLOCACIÓN DE LOS COLECTORES.....	23
2.1.3	ESTUDIO COMPARATIVO DE COLECTORES SOLARES .....	29
2.1.4	ESTUDIO DE AMORTIZACIÓN Y RENTABILIDAD .....	36
2.2	ESTUDIO DE LUZ NATURAL.....	38
2.2.1	DATOS CLIMATOLÓGICOS .....	39
2.2.2	MATERIALES Y ACABADOS.....	40
2.2.3	SIMULACIÓN GRÁFICA .....	41
2.3	ESTUDIO DEL ENVOLVENTE .....	44
2.3.1	HUECOS.....	46
2.3.2	MUROS FACHADA .....	54
2.3.3	CUBIERTAS .....	57
2.3.4	SUELOS .....	58
3	DEFINICIÓN DEL ENVOLVENTE.....	60
3.1	INTRODUCCIÓN .....	60
3.2	CRITERIOS DE DISEÑO .....	61
3.3	COMPOSICIÓN .....	62
3.4	RESULTADOS.....	64
4	MEMORIA DE INSTALACIONES.....	70
4.1	INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN .....	70
4.1.1	OBJETIVO .....	70
4.1.2	CRITERIOS DE DISEÑO .....	70
4.1.3	CONTROL DE ILUMINACIÓN NATURAL.....	71
4.2	INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN .....	73
4.2.1	OBJETIVO .....	73
4.2.2	JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS.....	73
4.2.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	73
4.2.4	DIFUSIÓN DE AIRE .....	75
4.3	INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN .....	76
4.3.1	OBJETIVO .....	76

4.3.2	JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS .....	76
4.3.3	CONDICIONES DE TEMPERATURA .....	76
4.3.4	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.....	77
4.3.5	CLIMATIZADORES .....	80
4.3.6	SUELO RADIANTE .....	80
4.4	INSTALACIÓN DE FONTANERÍA.....	81
4.4.1	OBJETIVO .....	81
4.4.2	JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS .....	81
4.4.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN .....	82
4.4.4	ACOMETIDA.....	82
4.4.5	RED INTERIOR DE AGUA FRÍA.....	82
4.4.6	RED INTERIOR DE AGUA CALIENTE .....	83
4.4.7	CONSIDERACIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	83
4.4.8	GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	83
4.4.9	TEMPERATURAS DE PREPARACIÓN .....	84
4.4.10	SISTEMAS DE PREPARACIÓN .....	84
4.4.11	REDES DE DISTRIBUCIÓN .....	84
4.5	INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	85
4.5.1	OBJETIVO .....	85
4.5.2	JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS .....	85
4.5.3	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.....	85
4.6	INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	87
4.7	INSTALACIÓN DE GESTIÓN CENTRALIZADA .....	88
4.7.1	OBJETIVO .....	88
4.7.2	CIRCUITOS DE AGUA CALIENTE .....	88
4.7.3	EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN.....	90
4.7.4	EQUIPOS ELÉCTRICOS .....	92
5	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA .....	93
5.1	OBJETIVO.....	93
5.2	DETERMINACIÓN DEL EDIFICIO DE REFERENCIA.....	93
5.3	INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	93
5.4	RESULTADO FINAL .....	95
6	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	101
7	CONCLUSIONES .....	103
8	RELACIÓN DE DOCUMENTOS .....	105
9	BIBLIOGRAFÍA.....	106
10	GLOSARIO.....	107

# MEMORIA

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La certificación energética en la edificación nace de la necesidad de ser eficientes energéticamente. Esta necesidad, cada vez mayor, está cogiendo mucho protagonismo en la sociedad de hoy en día, concepto por el cual se mencionará previamente para enmarcar el presente trabajo.

#### ¿Que se entiende por eficiencia energética?

La eficiencia energética tiene por objetivo el consumo mínimo de energía de origen fósil, potenciando las energías renovables para realizar y optimizar cualquier proceso compatible con las técnicas conocidas y considerando la rentabilidad de las inversiones necesarias para lograrlo en todos los sectores de actividades.

#### ¿Porqué es necesaria la eficiencia energética?

Las razones más importantes por las cuales la hacen tan necesaria son:

- *Recursos limitados.* Las fuentes de energía actualmente dominantes en este mundo son de origen fósil, obtenidas a partir de reservas finitas, que en un futuro más o menos próximo pueden ser agotadas. Aproximadamente el 80% del consumo de energía es de origen fósil.

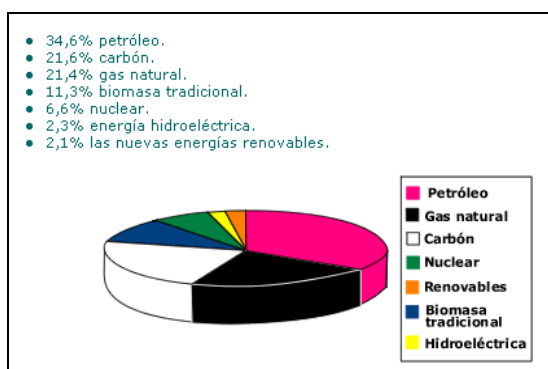


Fig.1.1 Distribución de energía primaria en el mundo (2004)

- *Elevada dependencia energética exterior.* La elevada dependencia de las principales energías primarias (petróleo, carbón y gas natural) y su mala repartición en el mundo, pueden llevar a crisis energéticas, con el consiguiente aumento del precio de la energía.

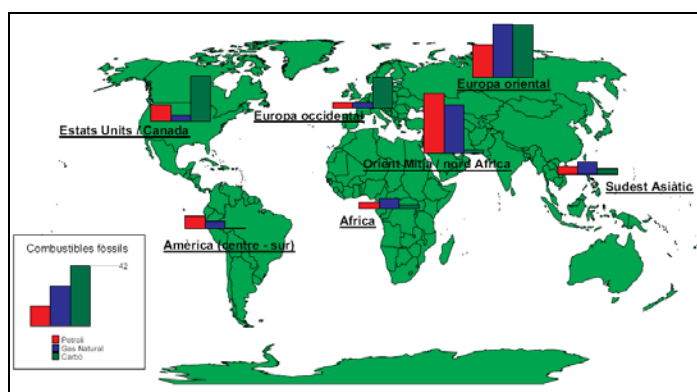


Fig.1.2 Distribución de combustibles fósiles en el mundo (2004)

- *Aumento anual de la demanda energética.* Cada vez es mayor la cantidad de energía necesaria en un país para su buen desarrollo económico y tecnológico, el hecho de producir más utilizando menos energía tendría gran relevancia. Un buen indicador es la *intensidad energética*<sup>1)</sup>. Cuanto mayor sea el descenso de la evolución, mayor será la eficiencia, ya que la intensidad energética relaciona el consumo de energía necesaria para realizar cada unidad de PIB, indicador de la riqueza de un país.

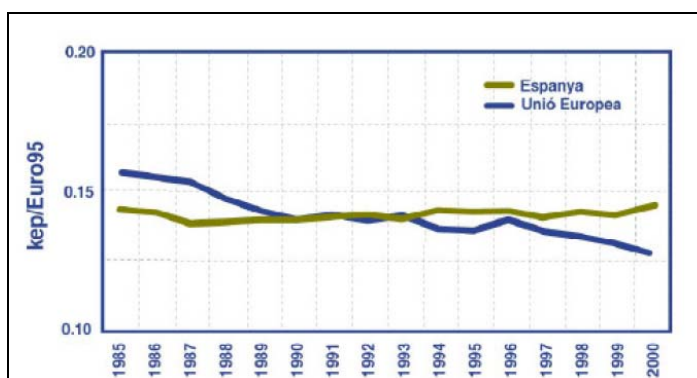


Fig.1.3 Evolución de intensidad energética final en España y la UE

- *Impacto medioambiental,* causante del cambio climático. Las energías de origen fósil, utilizadas por sus buenas características energéticas, también son los combustibles más contaminantes. Una de las mayores preocupaciones internacionales es la reducción del CO<sub>2</sub>, causante del cambio climático.

Fecha	Concentración de CO <sub>2</sub> (ppm)	Cambios de temperatura media mundial (°C)	Elevación del nivel de los mares (cm)
1990	354	-	-
2000	367	0,2	2
2050 (*)	463 - 623	0,8 - 2,6	5 - 32
2100 (*)	478 - 1.099	1,4 - 5,8	9 - 88

Cambio climático y profunda alteración del ecosistema terrestre

Fig.1.4 Tendencia de las consecuencias medioambientales

### Objetivos de la eficiencia energética

Sus objetivos para hacer frente a los puntos anteriormente descritos, se pueden resumir básicamente en:

- Implementar medidas y sistemas que permitan la reducción del consumo de energía o aumento de la producción.
- Promover el desarrollo de tecnologías limpias para la generación de energía.
- Cambiar hábitos y actitudes para lograr una mayor eficiencia en el uso de energía, una preservación del Medio Ambiente y un uso racional de los recursos.

Es decir, avanzar hacia un nuevo modelo energético más sostenible.

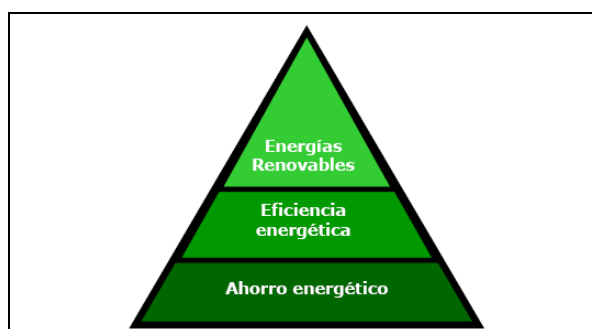


Fig.1.5 Pirámide de sostenibilidad

Todos estos objetivos descritos son de aplicación en todos los sectores de actividades, pero el presente proyecto se enmarca en el sector de la edificación. Este sector, representa el 40 % del consumo final de energía en la comunidad europea, con fines térmicos, funcionamiento de electrodomésticos e iluminación.

Con esta repercusión dentro del marco energético, estos últimos años han entrado en vigor diferentes normativas con el objetivo de crear edificios más eficientes energéticamente:

- Decreto 21/2006, de 14 de febrero, por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios. (región de Catalunya).
- Real Decreto 314/2006, del 17 de Marzo, por el que se aprueba el “Código Técnico de la Edificación”, con el fin de conseguir un uso racional de la energía necesaria e impulsar la implementación de energías renovables.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de Enero, por el que se aprueba el procedimiento básico de certificación energética de edificios de nueva construcción para:
  - La promoción de la eficiencia energética.
  - Dar a conocer a los compradores y usuarios la información objetiva en relación con las características energéticas de los edificios.
  - Valorar y comparar las prestaciones de los edificios mediante un certificado de eficiencia energética.

Con la entrada de toda esta normativa y con el continuo incremento del compromiso referente a este tema, cada vez son más y mejores las herramientas utilizadas para conseguir edificios energéticamente eficientes, y de esta forma, reducir el impacto medioambiental asociado a la construcción de nuevos edificios.

## 1.2 OBJETO

Se llevará a cabo todo un proceso con el objetivo final de obtener la calificación energética de un edificio (según el RD 47/2007), esto es, su grado de eficiencia. Los pasos a seguir, cada uno de ellos de gran importancia, necesarios para su obtención son:

- **1. Estudios previos:** dependiendo de la topología y situación del edificio serán necesarios unos estudios u otros. La peculiaridad y situación del edificio de estudio, hacen de este apartado una fuente de información muy valiosa para el posterior diseño y definición.
- **2. Diseño de instalaciones y del envolvente:** Para llevar a cabo la calificación es necesario saber las características de algunas de las instalaciones que forman parte del edificio como también de la tipología de materiales que está construido. De esta forma, se especificarán las instalaciones necesarias para la calificación de un edificio, exponiendo las condiciones técnicas y económicas de ejecución, justificando las soluciones adoptadas como también demostrar el cumplimiento de la normativa vigente con todos sus respectivos cálculos. Además de definir la envolvente del edificio teniendo en cuenta el cumplimiento de la nueva normativa de aplicación como también los requerimientos y necesidades del cliente.
- **3. Calificación del edificio:** A partir de toda la información obtenida del apartado anterior, se obtendrá la calificación del edificio. Se determinará su eficiencia según las instalaciones diseñadas y del envolvente escogido. Para evitar confusiones, ha de quedar clara la diferencia entre *calificación*<sup>2)</sup> y *certificación*<sup>3)</sup>. En este proyecto se calificará un edificio, no se certificara, puesto que esta última es una labor de la administración y será ella la encargada de realizarla a través del órgano correspondiente.

Todo este proceso será ejecutado con el soporte de herramientas de simulación energética con el fin de optimizar los cálculos como también facilitar el cumplimiento de la normativa de aplicación.

La metodología para conseguir los objetivos propuestos sigue el siguiente esquema:

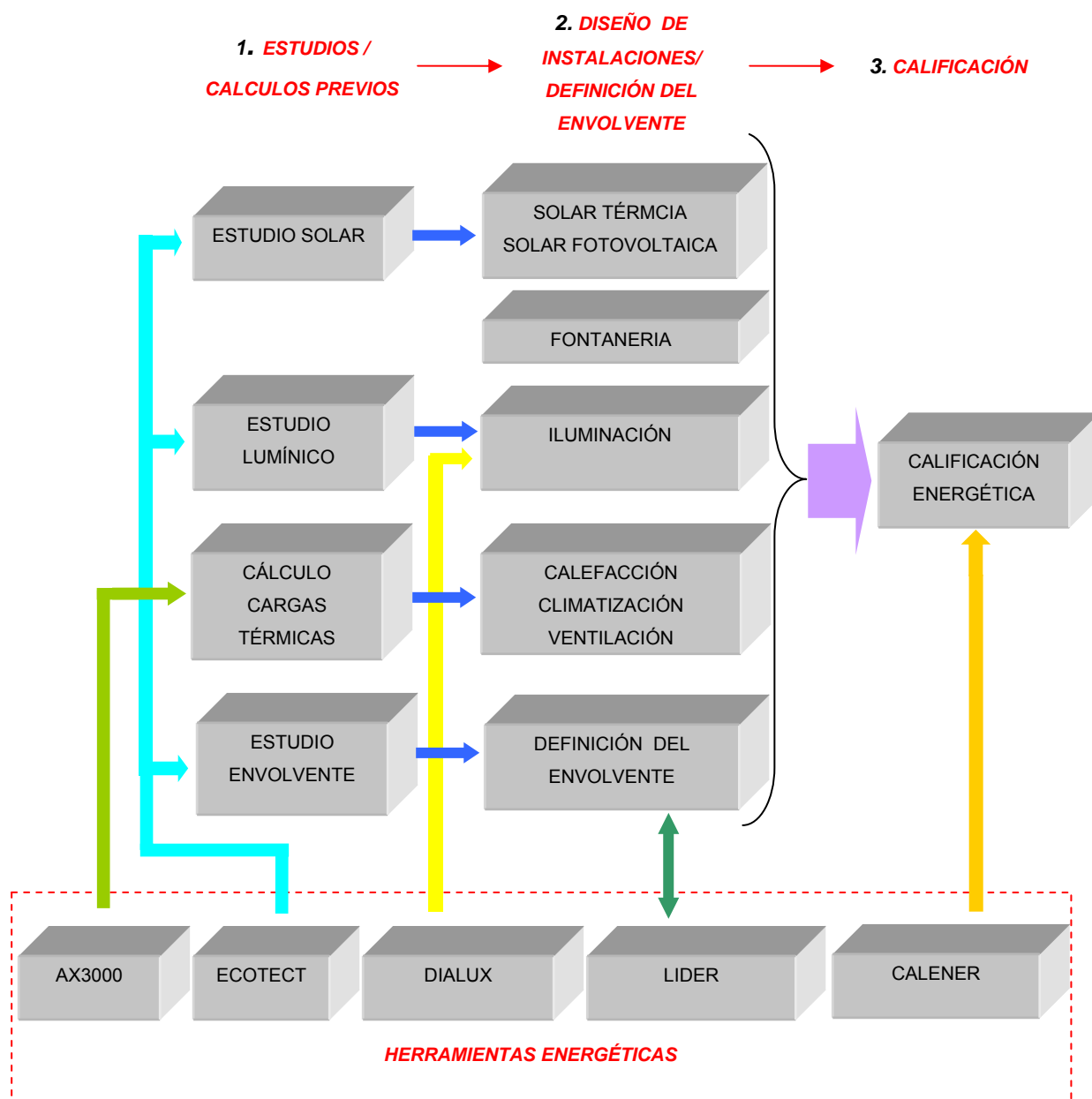


Fig.1.6 Esquema del proceso de calificación energética

### 1.3 ESPECIFICACIONES Y ALCANCE

El alcance y especificaciones de este proceso son:

#### 1. Estudios / cálculos previos mediante simulaciones energéticas:

- Estudio de optimización de la energía solar.
- Estudio de luz natural
- Estudio de *huecos*<sup>4)</sup> y demás componentes del *envolvente*<sup>5)</sup>.
- Optimización del cálculo de *cargas térmicas*<sup>6)</sup>

Mediante el programa de simulación energética Ecotect.

A partir de la simulación con el AX3000.



**2. Definición del envolvente:** Se definirá la envolvente del edificio para el cumplimiento térmico, mediante el programa de simulación LÍDER, partiendo de las especificaciones previas provenientes de arquitectura. Estas especificaciones, que hacen referencia a la composición mínima de los cerramientos y a su situación, con fines estructurales o estéticos son:

- Muros: Muro “IN SITU”, hormigón armado 2300<d<2500 a pie de obra.

Muro de bloque hormigón 20x20x40 (RF 120/180).

Muro de bloque hormigón 15x20x40 (RF 90).

Muro de bloque hormigón 10x20x40 (RF 60)

Muro interior, Tabique de placas cartón yeso knauf 2x12,5mm .

(En los planos EN-01 a EN-05 se muestra la tipología de muros en las diferentes fachadas que forman el edificio estudio como también las diferentes zonas acristaladas).

- Cubierta: Capa exterior hecha de Zinc. Reforzada térmicamente.

**Diseño de instalaciones:** Se realizará el proyecto de aquellas instalaciones que afecten a la calificación energética, estas son:

a) *Instalación solar térmica*<sup>7)</sup>.

b) *Instalación solar fotovoltaica*<sup>8)</sup>.

c) Fontanería

d) Iluminación

e) Clima: Calefacción, climatización y ventilación.

Se llevarán a cabo aquellas instalaciones donde se decida y sea necesaria su implantación teniendo en cuenta la normativa de aplicación como las necesidades del cliente.

Entre las especificaciones referentes a las instalaciones que intervienen en este trabajo, hay que destacar:

- Sistema de calefacción por suelo radiante con caldera de condensación y gas natural.
- Sistema de ventilación con tratamiento primario del aire y recuperación energética.
- Sistema de producción de ACS con soporte mediante placas solares térmicas y caldera de condensación como fuente auxiliar alimentada con gas natural.
- Aprovechamiento de luz natural mediante control inteligente de iluminación.
- Sistema solar fotovoltaico para la producción y venta de electricidad con una potencia de 6 kWp, dependiendo de la viabilidad de su implantación.

El sistema de climatización de frío NO será de aplicación en el proyecto de instalaciones debido a que la actividad del edificio permanecerá cerrada durante los meses de verano (julio y agosto), meses donde sería más necesaria su implementación.

**3. Calificación energética.** Una vez definido el edificio como sus instalaciones de afectación se procederá a etiquetar el edificio, calificar su eficiencia energética. Se utilizará el programa de simulación energética CALENER.

## 1.4 EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN DE LA ACTIVIDAD

La situación del edificio de estudio destinado a oficinas y comercio, es en la parte más baja del Valle situado entre la Collada Gran (2.134,4 m) y el límite de la Serra d'Altars (2.413.7 m). Está ubicado en los terrenos delimitados por la carretera L-503, el río Flamicell y los núcleos de Espui y La Central de Capdella. [Ver plano situación y emplazamiento].



Fig.1.7 Situación del edificio de estudio

## 1.5 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio forma parte de un complejo hotelero que será construido en todo el valle, formado por un total de 15 edificios, la mayoría de ellos hoteles de lujo.

Con orientación a oeste, consta de planta sótano -1, planta baja y planta primera. La planta sótano -1 está destinada a varios almacenes y a todos los espacios de instalaciones para su alimentación. En la planta baja hay los comercios, la enfermería y varios almacenes. Por último, en la planta primera hay las oficinas, almacenes y otros comercios.

Todas las plantas se dividen en dos zonas, la zona norte y zona sur. Entre las dos zonas, habrá un gran espacio donde irá ubicada toda la estructura de un telecable, con el objetivo de transportar a los usuarios desde el valle donde se encuentra el edificio hasta el edificio de destino situado 600 m por encima en una de las montañas de la Collada Gran.

Su especial ubicación y geometría lo convierte en un edificio poco ortodoxo.

## 2 ESTUDIOS PREVIOS

Para el diseño de una instalación eficiente es necesario obtener la máxima cantidad de información de todos los factores que intervienen, para aprovechar en la mayor medida los recursos disponibles y optimizar al máximo el diseño final.

Al llevar a cabo el diseño de un edificio poco ortodoxo, serán tres las tipologías de estudios a realizar. La omisión de la información proporcionada por cada una de ellas, podría desajustar de forma considerable el posterior diseño.

*Estudio Solar:* Se evaluará el impacto del valle y de los edificios ubicados alrededor del edificio de estudio con el objetivo de optimizar la instalación solar térmica, además de estudiar la viabilidad de la implantación de la instalación solar fotovoltaica.

*Estudio de luz natural:* Al tener el edificio de estudio una gran superficie acristalada, se analizará la luz natural incidente para optimizar la regulación de luz y conseguir así mejoras desde el punto de vista energético y económico.

*Estudio del envoltente:* El objetivo es el de determinar la mejor opción para la envoltente del edificio cumpliendo con la de normativa de aplicación.

### 2.1 ESTUDIO SOLAR

En una instalación solar térmica o fotovoltaica, hay varios factores con gran repercusión para obtener un resultado óptimo a la hora de diseñar la instalación solar, entre ellos se puede destacar:

- *Pérdidas por sombras<sup>9)</sup>*
- *Pérdidas por orientación e inclinación<sup>10)</sup>*
- Tipología de placas a utilizar

Es por eso que el procedimiento a seguir en este estudio será:

- Determinar las pérdidas por sombras debidas a los elementos externos al edificio de estudio.
- Escoger la mejor zona, entre las diferentes superficies e inclinaciones, para la colocación de los colectores.
- Comparativa entre modelos de placas para encontrar el equilibrio entre rendimiento, diseño y precio.
- Estudio de rentabilidad de la instalación solar fotovoltaica.

### 2.1.1 DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR SOMBRAS

La metodología de cálculo utilizada para determinar la idoneidad de la contribución solar sigue las siguientes *pautas*:

- Selección de los datos climatológicos de las fuentes existentes.
- Generación del diseño en 3D del valle para la posterior simulación gráfica.
- Simulación gráfica mediante software de la afectación de las condiciones geográficas de la zona a las horas de sol para el posterior cálculo.
- Resultados y decisiones

#### Datos climatológicos

Los datos climatológicos están de acuerdo con los valores de referencia según informaciones oficiales así como otras fuentes para la obtención de la climatología que más se ajuste a la realidad:

- Datos según Atlas de radiación solar de Catalunya (fuente *ICAEN*<sup>11)</sup>) tomando la estación más cercana, en este caso, la estación de Sort. [Ver anexo A]
- Datos según el servicio meteorológico de Catalunya. [Ver anexo A]
- Datos según Meteonorm, base de datos para aplicaciones de energía solar que permite la obtención de datos climatológicos en cualquier lugar del mundo realizando una interpolación mediante algoritmos de las estaciones más próximas a la zona objeto de estudio. Además el programa tiene en cuenta la afectación de la altura en el cálculo y la tipología de zona.

El programa es capaz de generar valores horarios de *radiación solar*<sup>12)</sup>, temperaturas, humedad, precipitación y velocidad del viento de todos los días del año.

Después de llevar a cabo la interpolación entre 4 estaciones cerca de la zona deseada (estaciones de St. Giron, Pic du Midi, Le Seu y Lleida ciudad) los valores de radiación solar son los siguientes (los valores numéricos además de las gráficas mensuales de todas sus variables pueden observarse en el anexo A.):

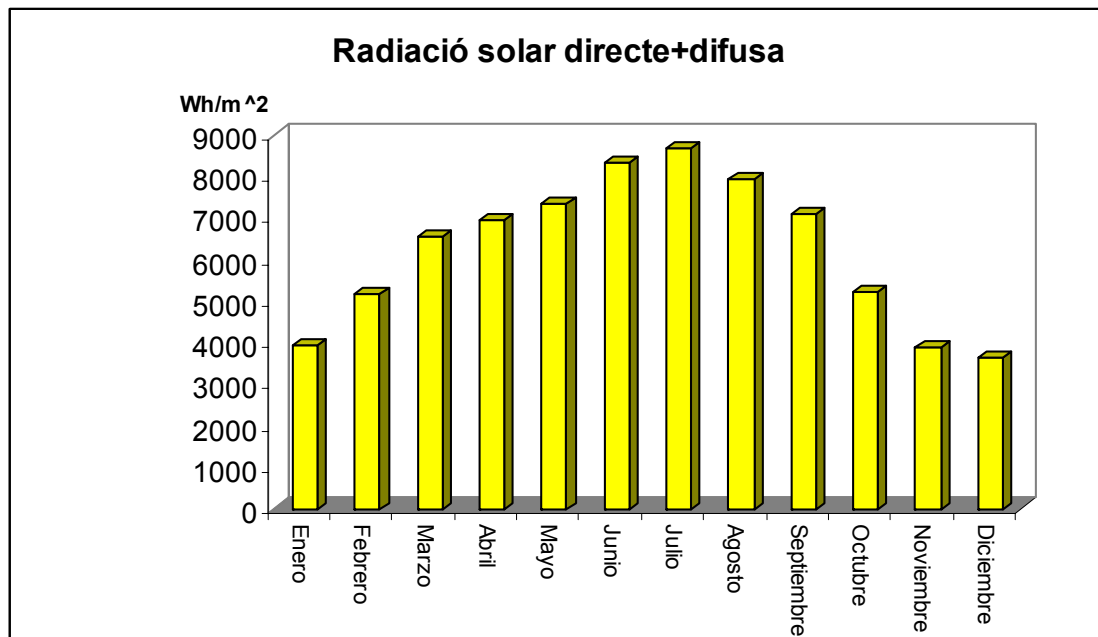


Fig. 2.1 Gráfico de radiación solar

Se puede observar que en los meses de verano es cuando hay más radiación solar, debido a que hay más horas de sol. Sin embargo la radiación pico más elevada se encuentra en los meses de Marzo y Septiembre, ya que son los meses en los cuales el sol está más cerca de la tierra.

Aunque en estos gráficos se muestre los valores medios mensuales, en realidad el programa tiene almacenados la evolución de temperaturas y radiación hora a hora de cada día del año, esto es  $365 \times 24 = 8760$  valores de cada una de las variables a estudiar.

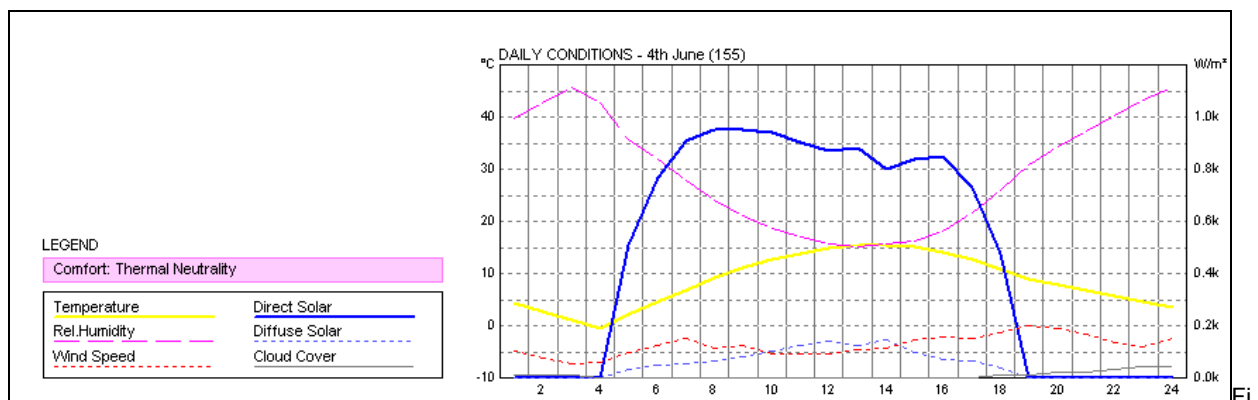


Fig.2.2 Gráfico del día del año con más radiación solar (4 Junio)

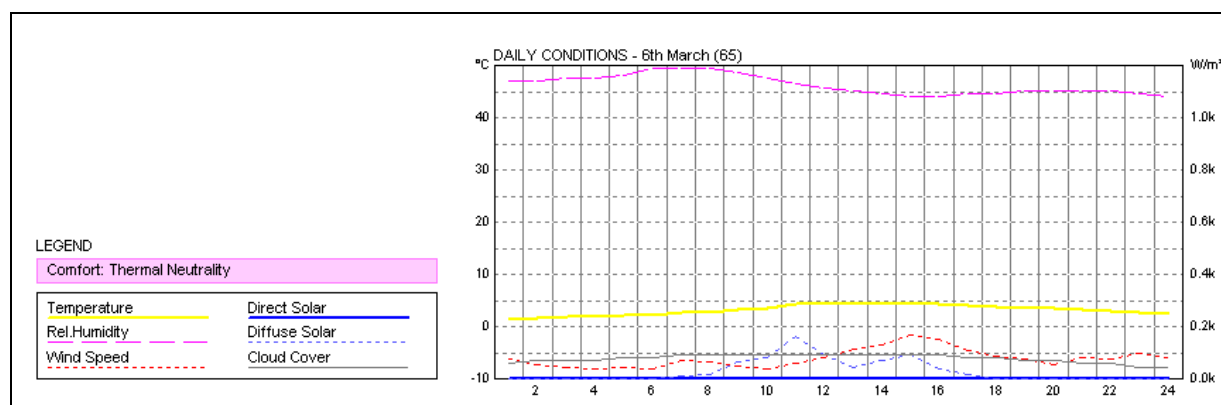


Fig.2.3 Gráfico del día del año con menos radiación solar (8 Marzo)

Se observa que el programa también tiene en cuenta los días nublados, según en el gráfico anterior.

Para llevar a cabo la simulación se utilizarán los valores del Meteonorm, los valores son muy próximos a los reales y el cálculo se hace con mucha precisión puesto que hay almacenados en su base de datos los valores horarios de cada día del año. Además su importación al programa de simulación es relativamente sencilla.

### Simulación gráfica

Una vez obtenidas los datos climatológicos de la zona a estudiar, se puede proceder a la simulación en 3D por medio del programa Ecotect, un programa innovador de simulación y análisis de edificios.

Este programa tiene una gran variedad de posibles análisis a realizar en diferentes campos, pero referente a este estudio es capaz de:

- Ver de forma animada sombras y reflexiones.
- Generar diagramas solares de forma interactiva
- Calcular y analizar el *factor de sombra*<sup>13)</sup>.
- Valores numéricos de horas de sol y sombra.
- Calcular la radiación incidente en cualquier superficie del edificio objeto.

Para llevar-lo a cabo, primeramente, hay que importar de la forma más precisa posible la geometría de la zona para obtener unos resultados cercanos a la realidad.

Se ha implementado la zona de estudio a partir de los mapas topográficos, considerando una zona suficientemente amplia para que todas las montañas altas de los alrededores que podrían afectar a la zona de estudio, se tuvieran en cuenta.



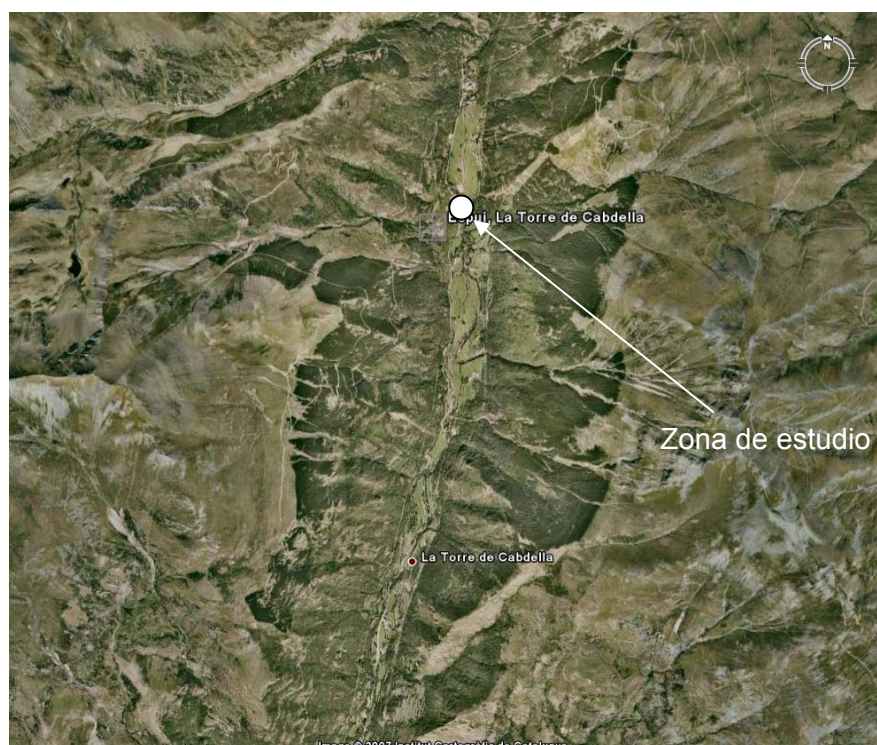


Fig. 2.4 Localización de la zona de estudio

La escala del mapa anterior es de 1:50.000. El edificio de estudio, con esta magnitud de dimensiones, se representa como un punto en el plano.

A partir de aquí se genera y se importa el terreno en el programa con el siguiente resultado:

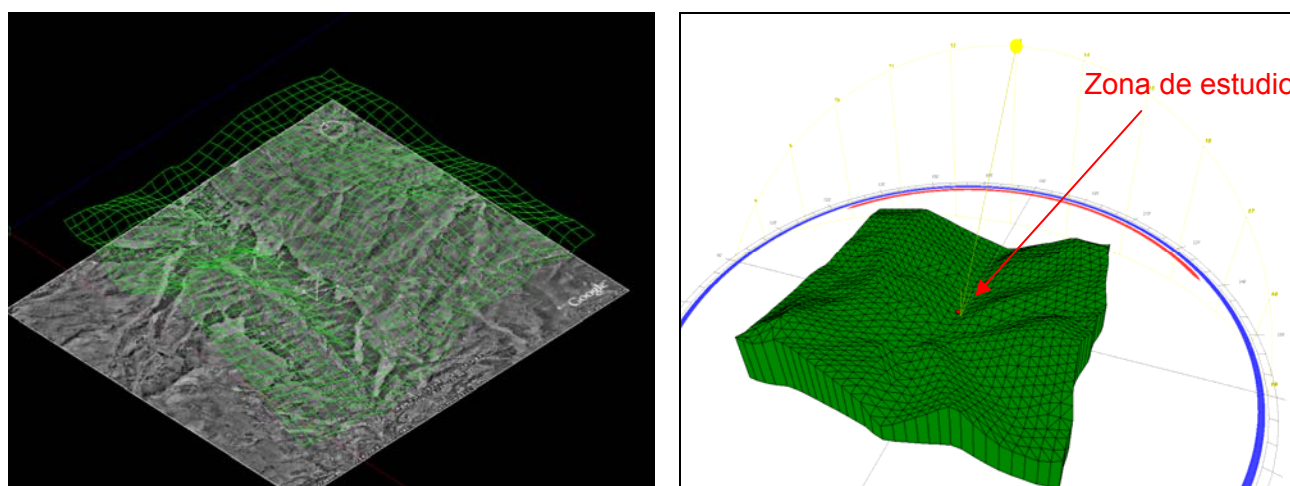


Fig.2.5 Geometría importada a Ecotect

### Simulación de sombras

Se simulará la *afectación del terreno* en la zona donde irá todo el complejo, primer paso para obtener el posterior resultado final y para entender bien la situación presente.



Se puede observar la trayectoria del sol a lo largo del día con las sombras que se van generando, desde que nace al este, tiene la posición más elevada al mediodía y se pone al oeste.

Se ha realizado el estudio con simulaciones en tres épocas del año como las más representativas e idóneas para comprender bien la situación para el posterior cálculo con exactitud.

*Equinoccios* (21 de marzo y 21 de septiembre): Son los días del año donde la duración del día es igual al de la noche y cuando la tierra está más cerca del sol.

*Solsticio de verano* (21 de junio): La trayectoria solar se encuentra en la forma más amplia y elevada, entendiéndose como amplia a la de más horas de sol.

*Solsticio de invierno*: 22 de diciembre: Donde la trayectoria solar es la menos amplia y elevada.

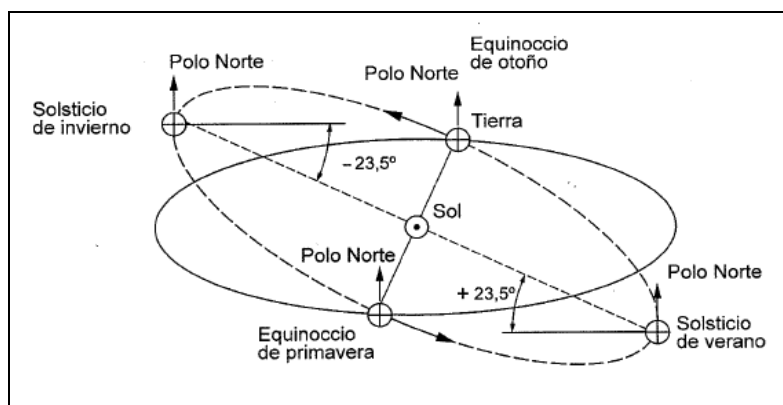


Fig.2.6 Esquema de la posición solar

Seguidamente se pueden observar *tres simulaciones* de las tres épocas del año escogidas (21 marzo, 21 junio y 22 de diciembre), la primera simulación en la hora cuando la zona empieza a desprenderse de las sombras producidas por las montañas de su alrededor desde que nace el sol, la segunda cuando la radiación solar incide de forma total, y la tercera cuando las sombras vuelven a oscurecer la zona de estudio.

- Equinoccio

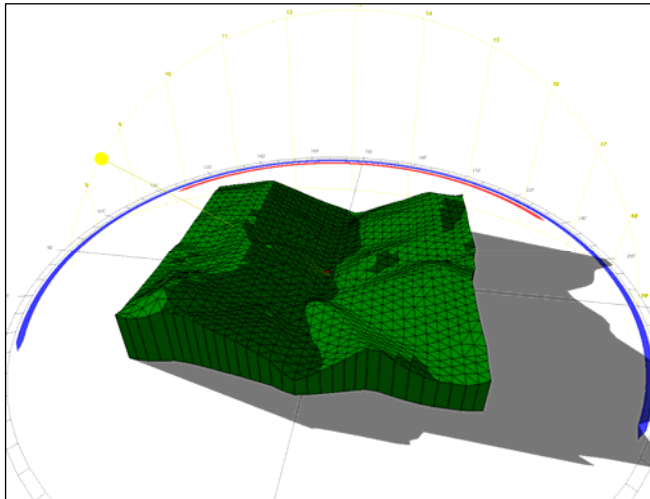


Fig.2.7 Simulación del 21 de marzo a las 8:30 h

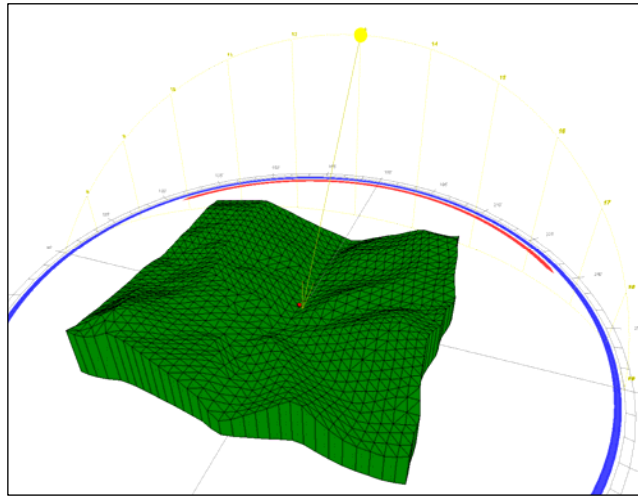


Fig. 2.8 Simulación del 21 de marzo a las 14:00 h

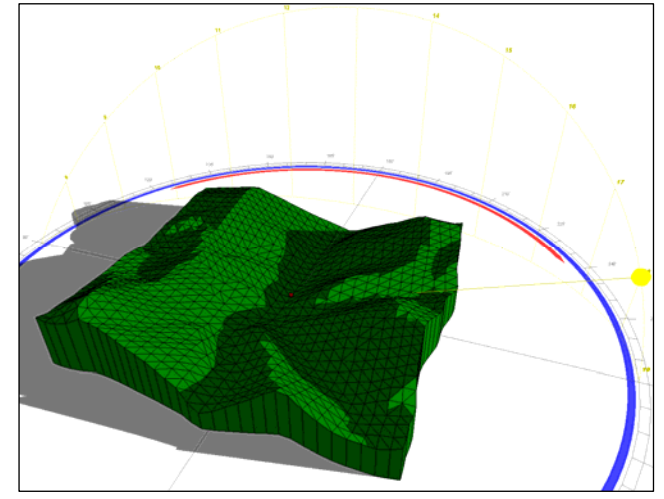


Fig. 2.9 Simulación del 21 de marzo a las 18:00h

- Solsticio de verano

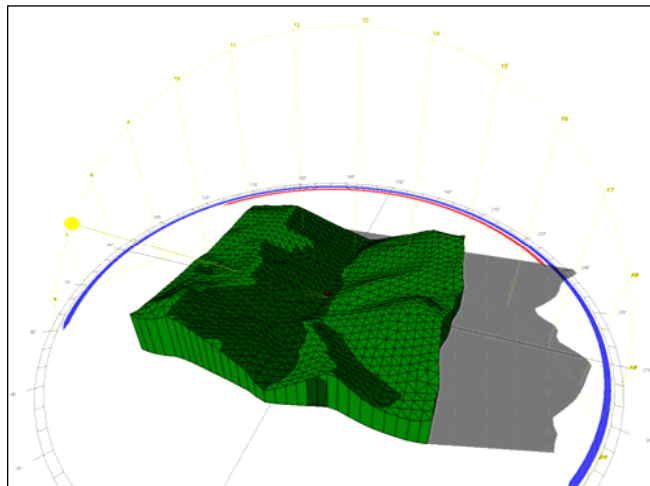


Fig. 2.10 Simulación del 21 de junio a las 7:45h

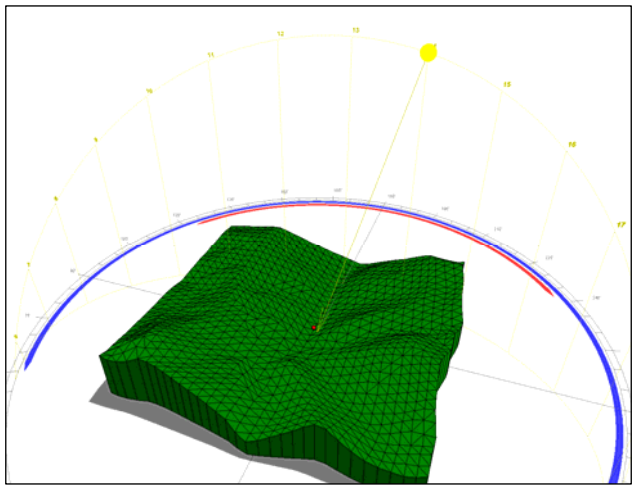


Fig. 2.11 Simulación del 21 de junio a las 14:00 h

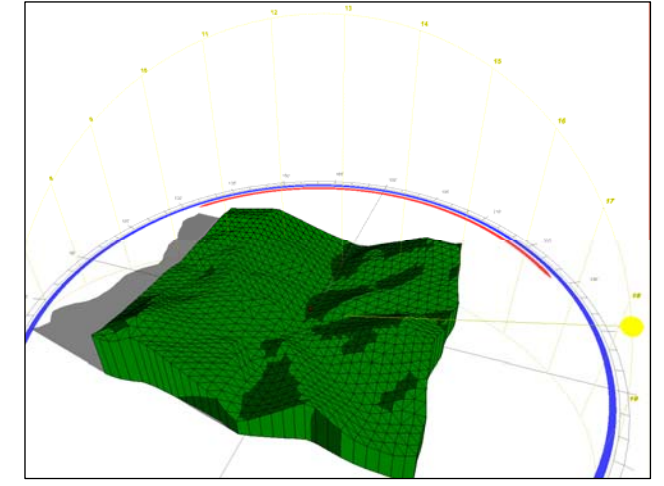


Fig. 2.12 Simulación del 21 de junio a las 18:00 h

- *Solsticio de invierno*

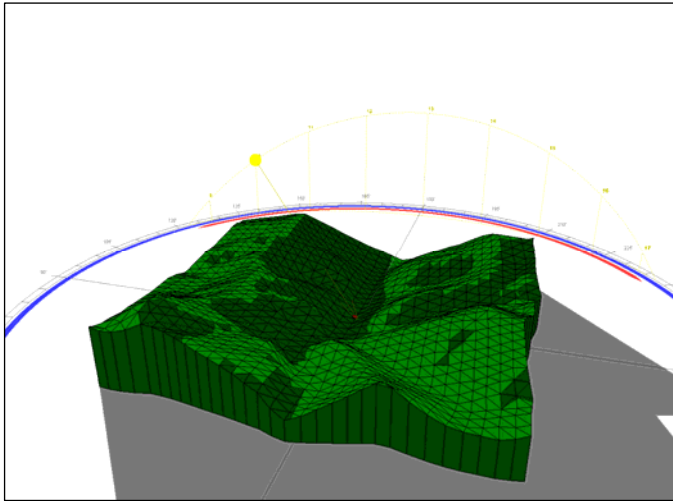


Fig. 2.13 Simulación del 22 de diciembre a las 10:00 h

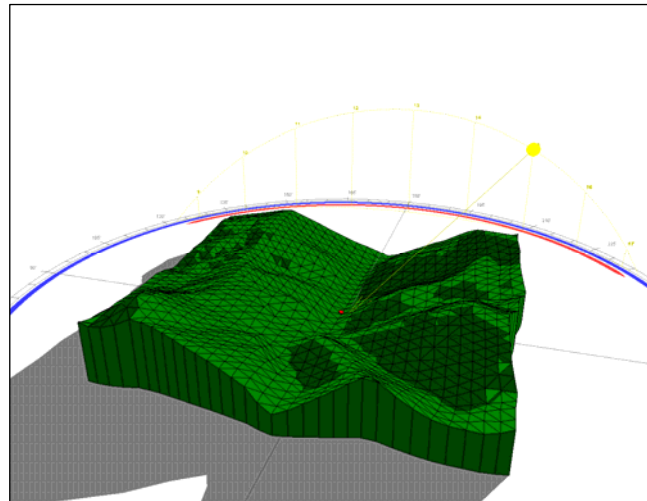


Fig. 2.14 Simulación del 22 de diciembre a las 14:00 h

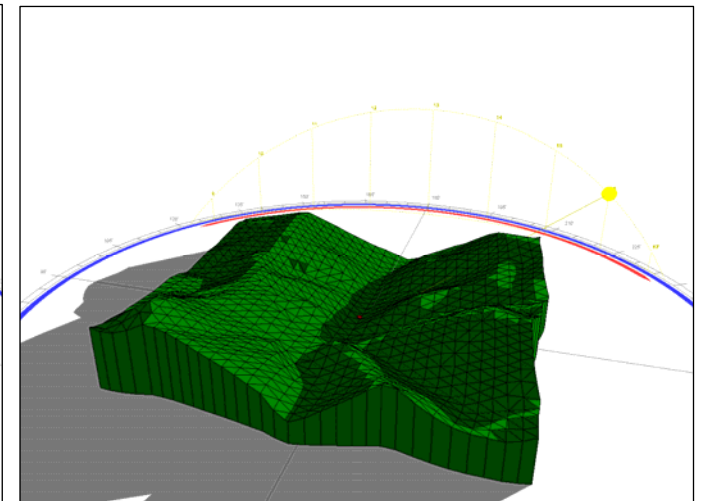


Fig.2.15 Simulación del 21 de diciembre a las 15:00 h

Paralelamente a la simulación gráfica anterior, los *resultados numéricos obtenidos* se reflejan en la siguiente tabla:

TABLA RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE				
Mes	Horas de sol (referencia)	Horas de sol (proyecto)	Franja solar ( proyecto )	Coeficiente de sombra efectivo
enero	9,5	5,5	10:00 - 15.30	42,1%
febrero	10,5	6,5	9:45 - 16:15	37,9%
marzo	11,5	7,5	9:00 – 16:30	34,6%
abril	12,5	8,25	8:45 – 17:00	33,3%
mayo	13,5	9	8:30 - 17:30	32,8%
junio	14	9,5	8:00 - 17:30	31,8%
julio	13,5	9,5	8:00 - 17:30	29,5%
agosto	12,5	8,5	8:30 – 17:00	31,6%
setiembre	11,5	7,5	9:00 - 16:30	33,9%
octubre	10,5	6,5	9:30 - 16:00	37,3%
noviembre	9,5	5,5	10:00 - 15.30	42,1%
diciembre	9	5	10.00 - 15:00	46,4%
<b>anual</b>	<b>11,5</b>	<b>7,5</b>	<b>-</b>	<b>35,6%</b>
			<i>Verano</i>	33,7%
			<i>Invierno</i>	39,5%

Tabla 2.1 Coeficientes de sombra anuales

También se pueden observar de forma gráfica mediante el diagrama estereográfico y la proyección ortográfica:

**Diagrama estereográfico:** Donde se representa el recorrido solar de todas las horas en todos los días del año. Simplemente con este gráfico, a partir del recorrido solar anual representado por el grafiado azul, se observa cuales son las horas de los diferentes meses del año donde habrá sombra (color gris) y cuales donde incidirán los rayos solares (zona blanca). Muy útil para entender la situación anual de estudio referente a sombras.

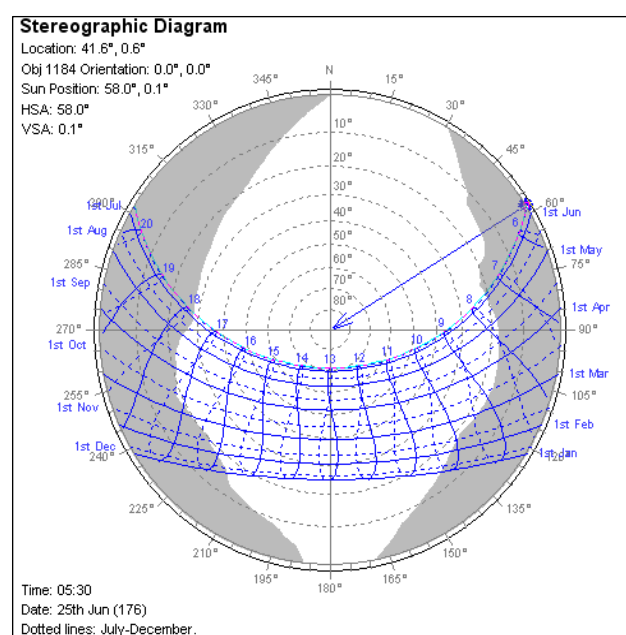


Fig. 2.16 Diagrama estereográfico

**Proyección ortográfica:** Se muestra el recorrido solar con las sombras dependiendo del mes y hora, pero en este caso se muestra la altura solar en el eje de coordenadas y el azimut en el eje de abscisas. El azimut corresponde al ángulo de giro del sol sobre un plano horizontal mediante la proyección del rayo sobre dicho plano y tomando como origen el Sur. Se puede observar como en los meses de verano el sol tiene una altura solar mucho mayor que en los meses de invierno.

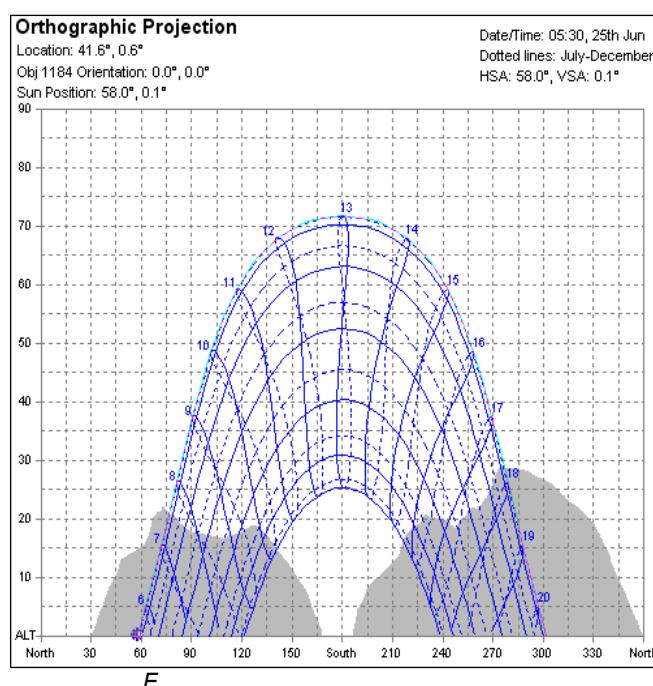


Fig.2.17 Diagrama ortográfico

De acuerdo con el estudio anterior de insolación para todos los meses del año, los resultados obtenidos mediante la simulación nos permiten ver que tenemos un *porcentaje de sombra anual del 35,6 %* debido a *la reducción de las horas de insolación* por la particular situación del edificio en el valle.

En invierno, cuando la ocupación prevista será máxima, el porcentaje de sombras es superior y se encuentra alrededor del 40 % por lo que reduce considerablemente la contribución solar.

En verano y épocas intermedias, cuando la ocupación será menor, el porcentaje de sombras se encuentra alrededor del 34%.

Con los valores anteriormente obtenidos, concretamente con el factor de sombra ( $F_s = 0,356$ ), se llevará a cabo el cálculo de la contribución solar térmica para ACS<sup>14)</sup> y la energía eléctrica a obtener con una instalación solar fotovoltaica.

### Conclusiones

De acuerdo con los cálculos realizados y los valores de pérdidas por sombra deberíamos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Con la simulación realizada obtenemos un factor de pérdidas por sombra (35,6 %) que repercute negativamente a la instalación solar y que según los límites de aplicación del CTE estaríamos superando ampliamente en cualquier caso (general, superposición e integración arquitectónica) estos límites permitidos.

Según la normativa, para instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas (CTE DB HE<sup>15)</sup>-4/5):

8 La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 2.4.			
	Tabla 2.4 Pérdidas límite		
Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 2.2 Pérdidas máximas por sombras

- El complejo situado en el valle no estaría obligado, por normativa, a la colocación de las placas tanto térmicas como fotovoltaicas.
- Si comparamos el edificio de proyecto con otro sin la afectación de la falta de sol, veríamos que se necesitaría aumentar la superficie de captación solar alrededor de un 35 % para obtener la misma contribución solar de tal forma que esto repercutiría negativamente al rendimiento y eficiencia del sistema de captación solar, motivo por el cual la normativa somete a la instalación solar a estos límites de pérdidas.

### Decisión final

Aunque por normativa no sería necesaria la colocación de los colectores solares térmicos y fotovoltaicos para la generación de ACS y energía eléctrica respectivamente, debido a las elevadas pérdidas por sombras de la zona donde irá situado el edificio de estudio, la propiedad

ha decidido, como estrategia empresarial, implantar la instalación solar térmica quedando pendiente del estudio de viabilidad la implementación de la instalación solar fotovoltaica.

Las características básicas necesarias para el posterior diseño, acordadas con la propiedad, serán las siguientes:

- La instalación solar térmica será centralizada, tendrá una contribución del 50% para el precalentamiento de ACS y con soporte de caldera individual.
- La instalación solar fotovoltaica, en caso de ser implementada, tendrá una potencia de 6 kWp y la energía eléctrica resultante será vendida a compañía.

### 2.1.2 OPTIMIZACIÓN DE LA ZONA DE COLOCACIÓN DE LOS COLECTORES

Con el objetivo de estudiar la posición idónea de las placas en cubierta, el procedimiento a seguir será:

- Generación del modelo en el programa de simulación
- Cálculo de la radiación incidente en cubierta para la selección de la mejor zona para la ubicación de las placas, tanto térmica como fotovoltaica.
- Pérdidas por sombras en la zona seleccionada.

Para la generación del edificio en el programa, se partirá de los planos en 2D facilitados por arquitectura en formato DXF, se importaran al programa con las respectivas alturas de cada planta, y se irán levantando en 3D los diferentes locales.

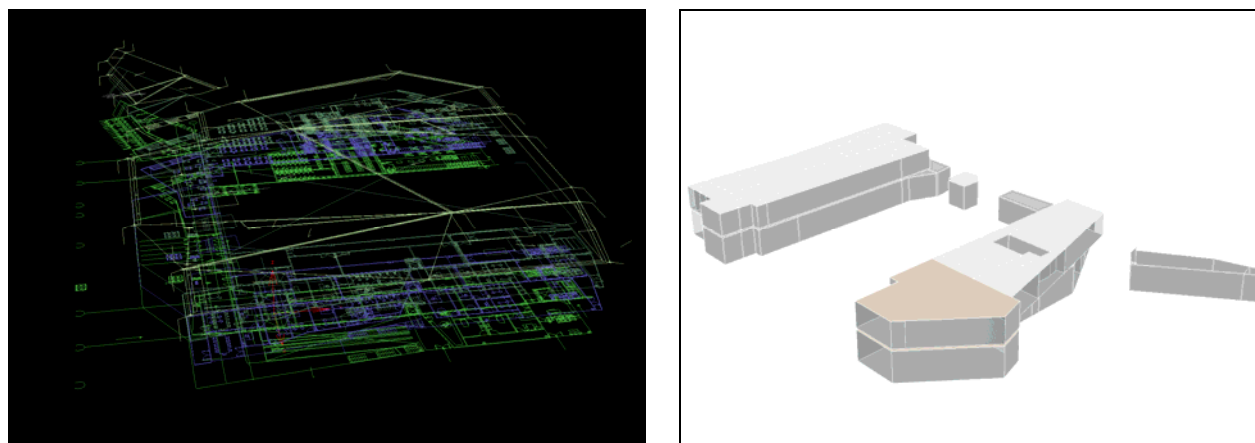


Fig. 2.18 Modelo en proceso de generación

De entre todos los edificios que forman el complejo, se insertarán de forma simple, como elementos de sombra, un edificio hotelero situado a la fachada sur del edificio de estudio, que debido a su altura (19 m) tendrá la influencia necesaria para ser generado, además de un pequeño edificio situado también en la fachada sur utilizado como punto de información.

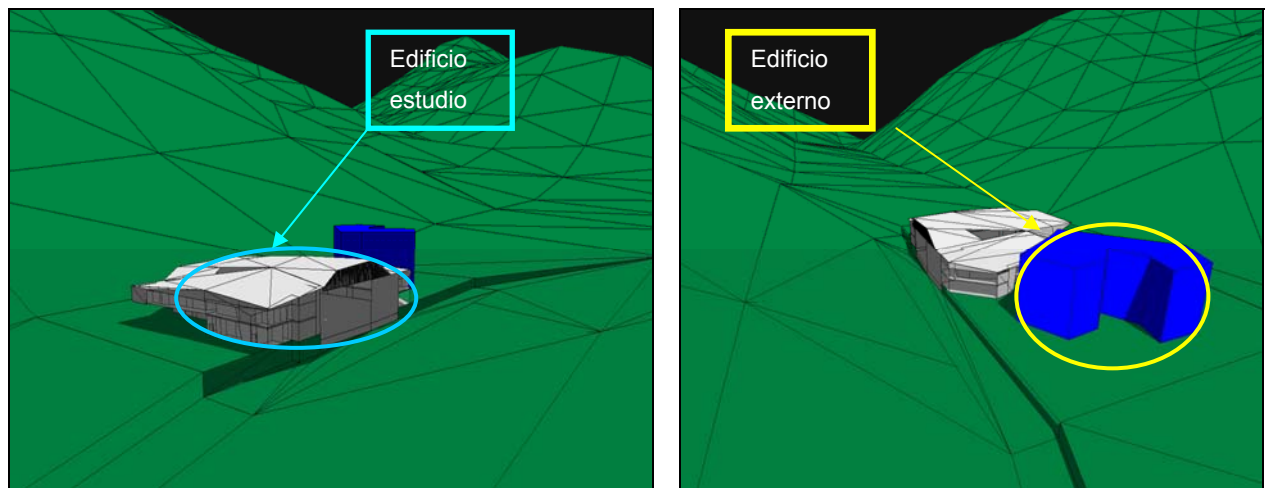


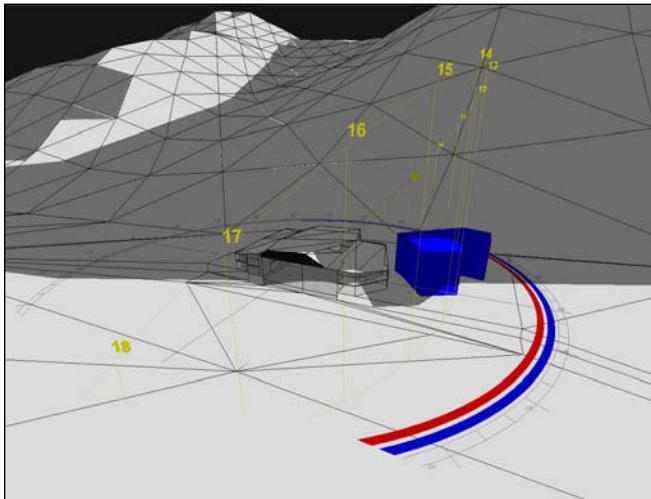
Fig. 2.19 Vista en perspectiva del modelo generado

### Simulación de sombras

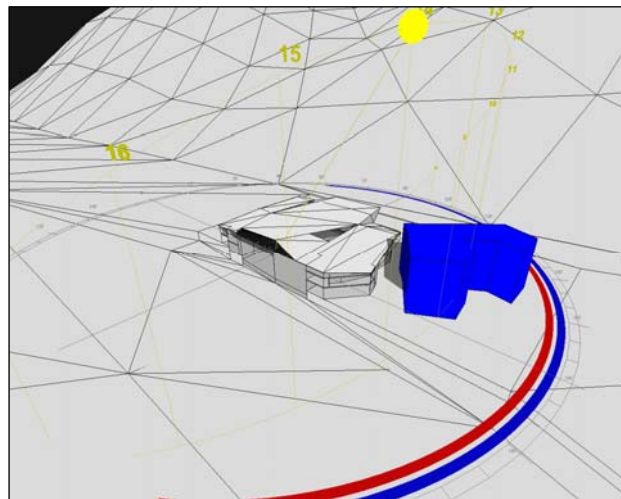
Se van a simular los mismos días y horas que la anterior simulación del valle, pero en este caso desde la perspectiva del edificio, para ver la afectación de sombras en cubierta.



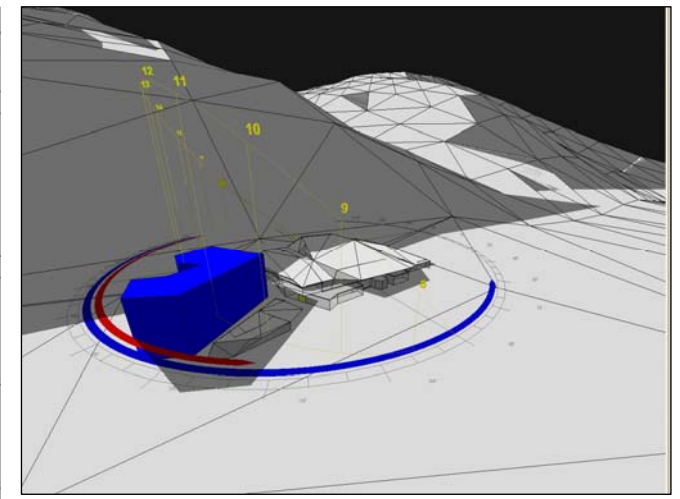
*Equinoccio:*



*Fig. 2.20 Simulación del 21 de marzo a las 8:30 h*

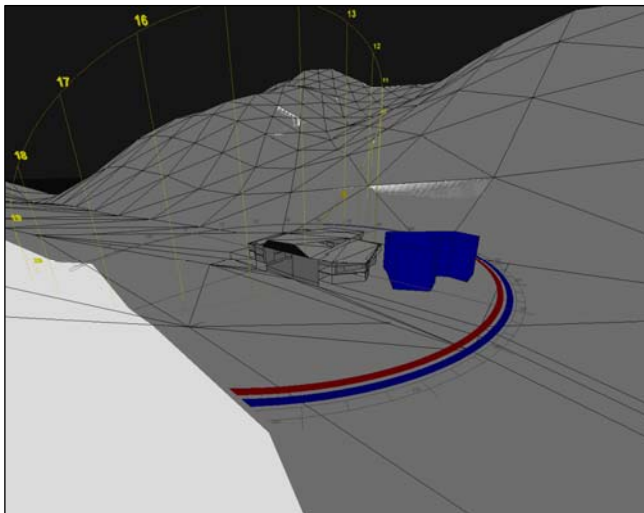


*Fig. 2.21 Simulación del 21 de marzo a las 14:00 h*

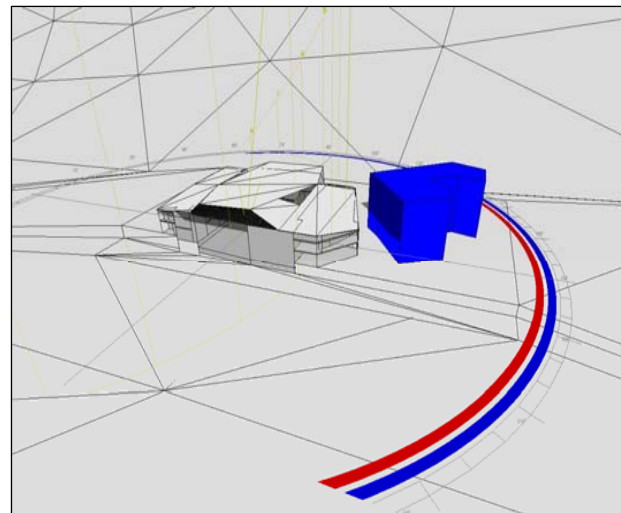


*Fig. 2.22 Simulación del 21 de marzo a las 18:00 h*

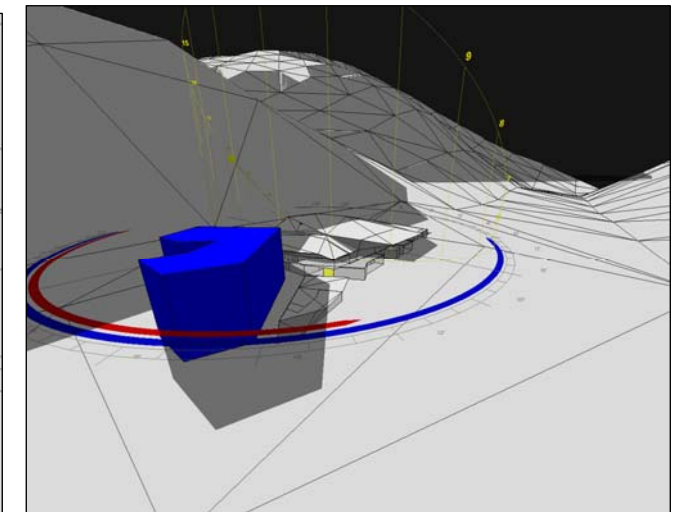
*Solsticio de verano:*



*Fig. 2.23 Simulación del 21 de junio a las 7:45 h*



*Fig. 2.24 Simulación del 21 de junio a las 14:00 h*



*Fig. 2.25 Simulación del 21 de junio a las 18:00 h*

- Solsticio de invierno

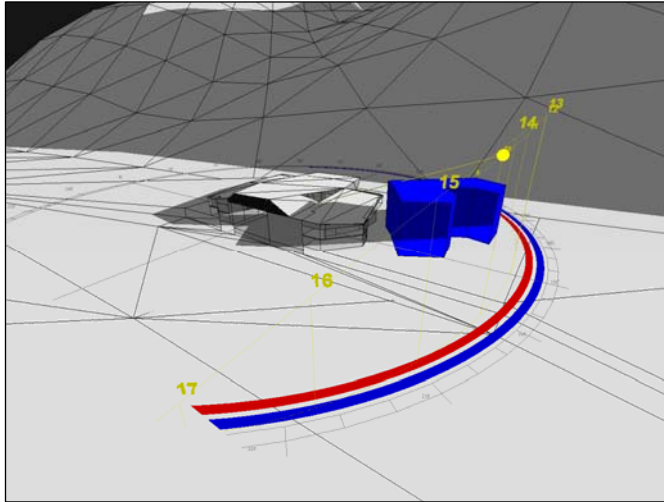


Fig. 2.26 Simulación del 22 de diciembre a las 10:00 h

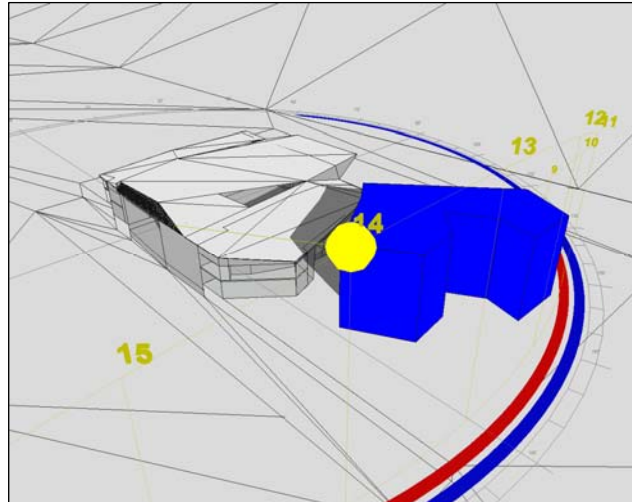


Fig. 2.27 Simulación del 22 de diciembre a las 14:00 h

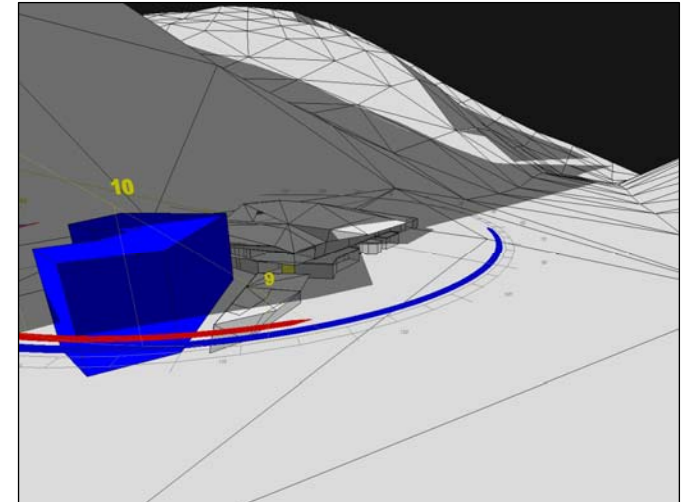


Fig. 2.28 Simulación del 22 de diciembre a las 15:00h

La geometría compleja de cubierta con muchos desniveles y la diferencia de alturas entre el edificio de estudio y el hotel, hacen difícil de predecir la mejor opción para la colocación de las placas solares. Por eso se procederá a hacer el cálculo de la radiación solar que se recibe en cubierta, y donde se encuentre la máxima, será la mejor opción para su colocación.

Radiación acumulada en cubierta a lo largo de un año:

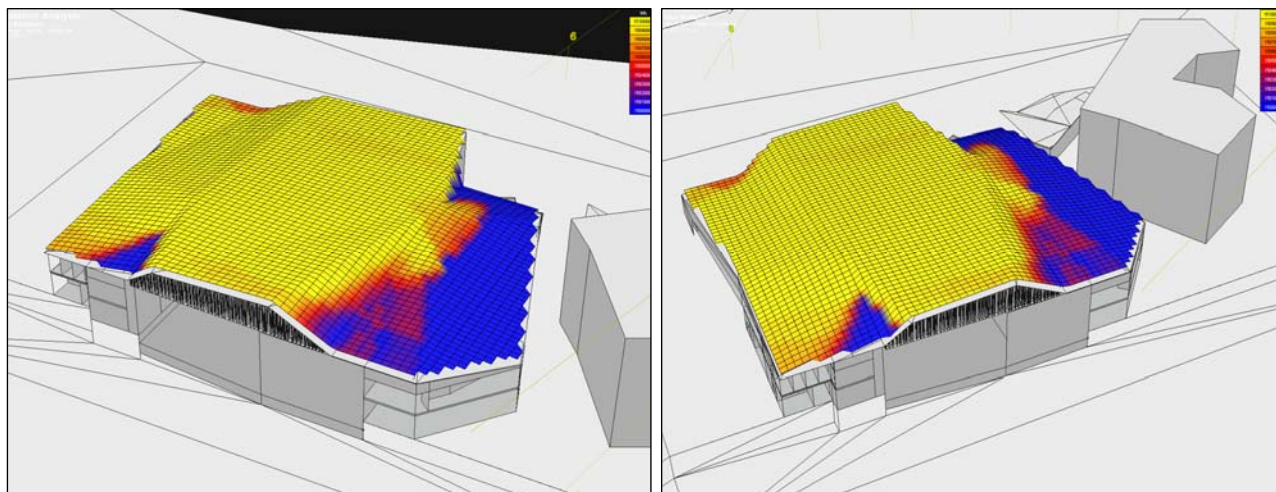


Fig. 2.29 Simulación de la radiación solar acumulada en un año

Los valores obtenidos representan la radiación incidente a lo largo de un año, es decir, la energía acumulada capaz de obtenerse en la zona de estudio debido a la aportación solar. Es por eso que sus valores son de elevada magnitud, comprendidos entre 1.500.000 Wh el valor más elevado (color amarillo) y 1.480.000 Wh o inferior el más bajo (color azul).

Quitándole importancia a estos valores, el objetivo antes mencionado por el cual se ha realizado esta simulación es la mejor posición para la colocación de los colectores. De esta forma, las mejores zonas para su colocación son:

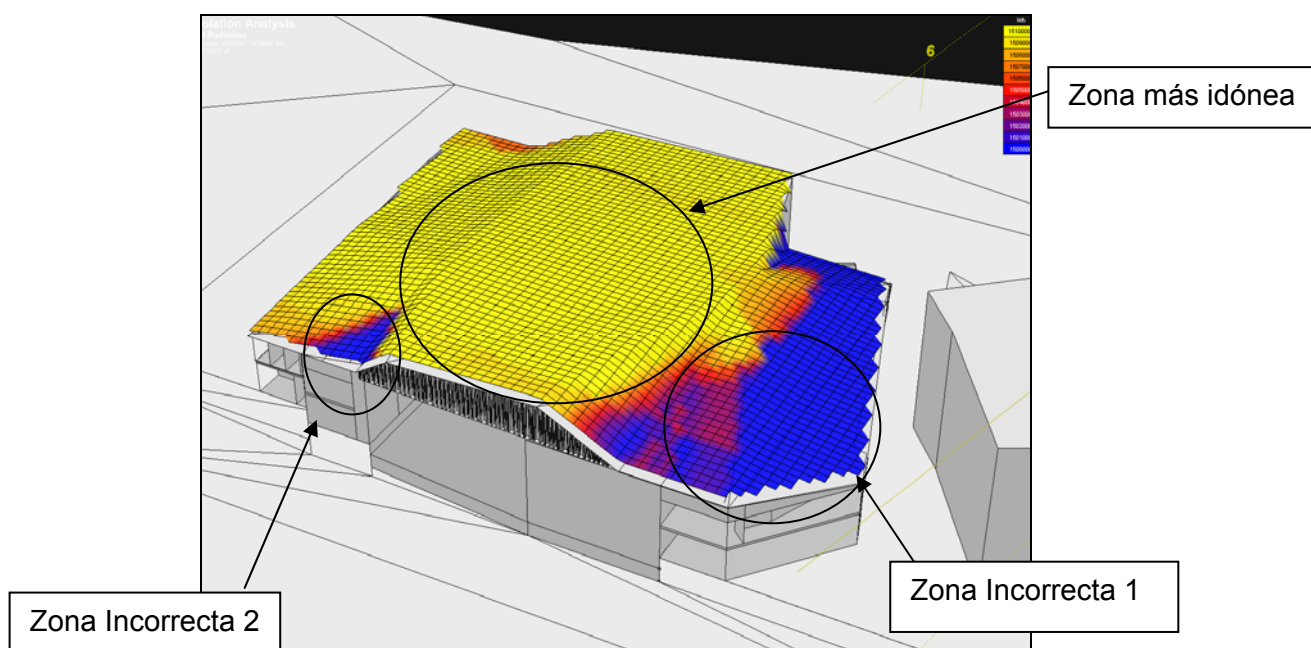


Fig. 2.30 Zonas de correcta/incorrecta colocación de los colectores

Hay dos zonas en concreto donde no deberíamos colocar los colectores solares. La pérdida de energía en la primera zona azul es debida a la sombra producida por el hotel y que evita que en algunos momentos del día el haz directo del sol incida sobre la cubierta.

Referente a la pérdida de energía de la segunda zona, puede observarse que es debida básicamente a la fuerte pendiente que hay en la cubierta.

En el resto de la cubierta, cualquier zona sería buena para la colocación de los colectores solares, al no haber ningún elemento externo aparte del propio valle que produzca sombra. De esta forma, el porcentaje de pérdidas por sombras seguirá siendo prácticamente el mismo que el calculado en el inicio del estudio, es decir, una pérdida por sombras del 35,6%. A continuación se comprobará este valor, escogiendo la zona donde se colocaran los colectores solares, en la zona más idónea mostrada en la figura anterior, por un lado porque es donde incide más radiación y además porque es la zona más elevada de la cubierta y donde el impacto visual será inferior.

<b>Effective Shading Coefficients</b>			
Latitude: 42.0°			
Longitude: -0.0°			
TimeZone: 15.0° [+1.0hrs]			
Orientation: 0.0°			
Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	42.1%	100.0%	0.0%
February	40.9%	100.0%	0.0%
March	32.0%	100.0%	0.0%
April	29.6%	100.0%	0.0%
May	27.6%	100.0%	0.0%
June	26.7%	100.0%	0.0%
July	24.1%	100.0%	0.0%
August	37.0%	100.0%	0.0%
September	33.3%	100.0%	0.0%
October	42.9%	100.0%	0.0%
November	38.9%	100.0%	0.0%
December	41.2%	100.0%	0.0%
Winter	41.4%	100.0%	0.0%
Summer	26.1%	100.0%	0.0%
Annual	34.7%	100.0%	0.0%

Tabla 2.3 Coeficiente de sombras anual

El valor es ligeramente inferior debido a que en este caso el valor de pérdidas por sombras es en la cubierta del edificio, no en el suelo como en la primera simulación. Al haber ganado unos cuantos metros de altura ha hecho reducir sensiblemente este valor. ( $F_s = 0,347$ )

A petición de propiedad, y con el objetivo de reducir el impacto visual, los colectores irán inclinados con respecto la cubierta únicamente 5°, inclinación casi imperceptible para el ojo humano, pero necesaria para su buen funcionamiento. De esta forma parecerán integradas a la propia pendiente de la cubierta.

### 2.1.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE COLECTORES SOLARES

#### Colectores solares térmicos

Dentro de la cantidad de marcas y modelos que hay en el mercado, se han escogido tres tipologías de placas completamente diferentes entre ellas, sin embargo, todas ellas son perfectamente válidas para el diseño de una buena instalación solar térmica.

Como se ha mencionado anteriormente, su inclinación será prácticamente la misma que la de la cubierta para reducir el impacto visual. La inclinación de la placa es un factor muy importante, dependiendo de la inclinación del colector tendremos unas pérdidas por inclinación determinadas. Si a estas pérdidas le sumamos las pérdidas por orientación, que en este caso serán nulas debido a que las orientaremos a sur, se obtienen las pérdidas por orientación e inclinación, comprendidas en el siguiente gráfico:

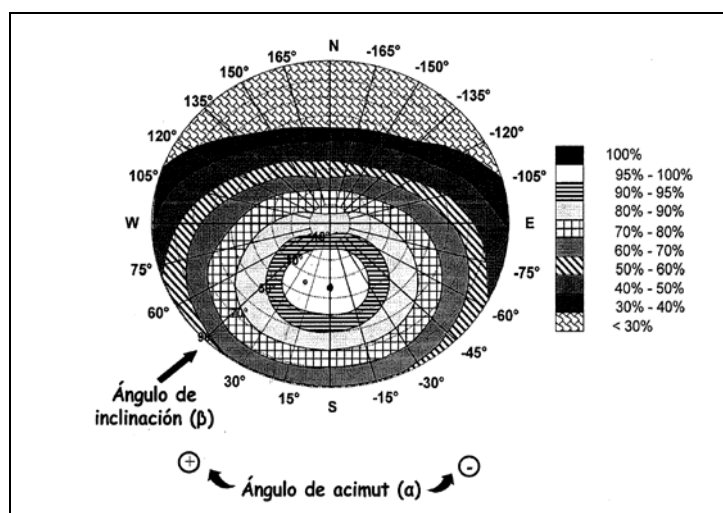


Fig. 2.31 Pérdidas por orientación e inclinación

Las características de la instalación se han llevado a cabo según el cálculo de la instalación solar térmica (anexo H.4) una vez entrado los valores de pérdidas por sombras y los valores de pérdidas por orientación e inclinación.

#### Tipología de colectores solares

Se han escogido tres topologías diferentes de placas para llevar a cabo la comparativa:

Colector de tubo de vacío (Opción 1).

Colector plano (Opción 2).

Colector integrado a cubierta (Opción 3).

La colocación de estas placas tiene gran importancia en el resultado final de la instalación. Se colocarán de tal forma para conseguir unas pérdidas mínimas por orientación e inclinación.



### OPCIÓN 1: COLECTORES DE VACÍO.

Este tipo de colector está formado por varios tubos de vacío, dentro del cual tiene integrado un absorbedor de radiación solar de alto rendimiento que puede girar dentro del tubo un máximo de  $\pm 25^\circ$ .

De esta forma, el colector puede estar plano respecto la cubierta pero con una inclinación real de  $25^\circ$ .

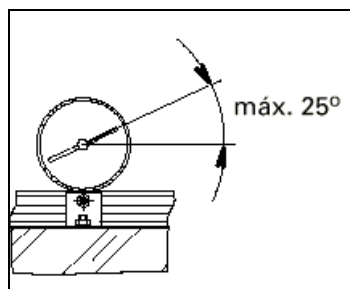


Fig. 2.32 Grado de inclinación máximo de los tubos de vacío

Si la mínima pérdida por inclinación se encuentra entre  $30-40^\circ$ , solamente se habría que inclinar la placa entre  $5-15^\circ$ . En este caso, las placas se inclinaran  $5^\circ$ , de esta forma se conseguirá una inclinación de  $30^\circ$ .

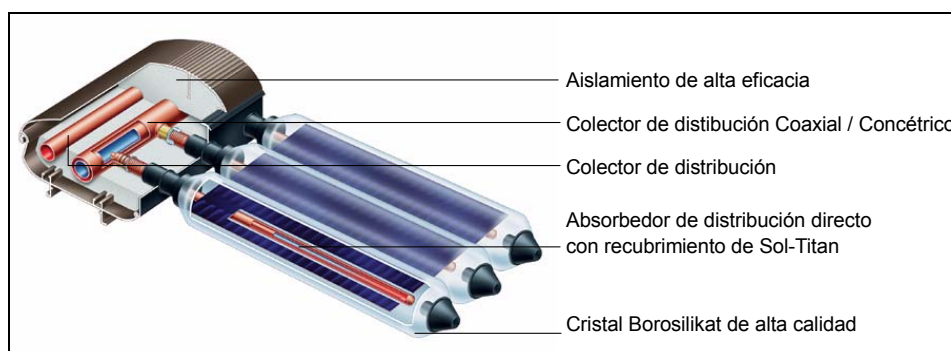


Fig. 2.33 Partes de los colectores de vacío

#### Características de la placa:

Marca de colector solar :	Viessmann	
Modelo de colector solar :	Vitosol 200 D20	-
Superficie solar activa unitaria :	2	m <sup>2</sup>
Dimensiones del colector solar :	1450 x 2028x138	mm. ( ancho x alto x fondo )
Rendimiento óptico ( $c_0$ ) :	86	%
Coeficiente de pérdida de calor( $c_1$ ):	2,36	W/ ( m <sup>2</sup> .K )
Coeficiente de pérdida de calor ( $c_2$ ) :	0,0022	W/ ( m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> )
Número de colector solares :	12	-

Superficie solar de captación :	24	m <sup>2</sup>
Peso	50	Kg/placa

Tabla 2.4 Características de los colectores de vacío

*Características del sistema utilizando este colector solar:*

Consumo de agua caliente sanitaria :	1.650	litros / día
Demanda energética anual prevista :	29.878	kWh / año
Aportación solar anual obtenida :	15.009	kWh / año
Aportación fuente auxiliar anual :	14.869	kWh / año
Cobertura solar anual :	50,2	%
Volumen de acumulación solar mínima :	1.200	litros
Pérdidas por orientación e inclinación	1	%
Pérdidas por sombras	34,7	%
Pérdidas totales	35,7	%
Precio unitario (aprox.)	1.684	€

Tabla 2.5 Características del sistema

## OPCIÓN 2: Colectores planos

La inclinación del colector solar plano es la misma que la cubierta si no se utilizan estructuras de apoyo para darles inclinación. Esta placa resulta mucho más económica. En este caso, al poder darle solo unos 5° de inclinación para reducir el impacto visual, sus pérdidas serán superiores, de esta forma para conseguir igualdad de aportación de energía se tendrán que colocar más placas solares.

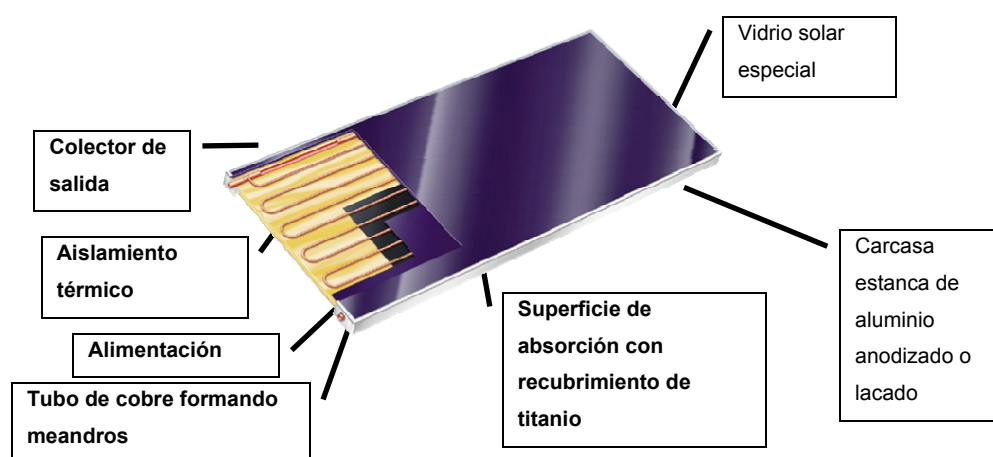


Fig. 2.34 Partes de los colectores planos

Las características de los colectores serán:

Marca de colector	Viessmann	
Modelo de colector solar :	Vitosol 100	-
Superficie solar activa unitaria :	2,5	m <sup>2</sup>
Dimensiones del colector solar :	2385x1138x102	mm. ( ancho x alto x fondo )
Rendimiento óptico ( $c_0$ ) :	84	%
Coeficiente de pérdida de calor( $c_1$ ) :	3,36	W/ ( m <sup>2</sup> .K )
Coeficiente de pérdida de calor( $c_2$ ) :	0,013	W/ ( m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> )
Número de colector solares :	15	-
Superficie solar de captación :	37,5	m <sup>2</sup>
Peso	60	Kg/placa
Precio unitario (aprox.)	850	€

Tabla 2.6 Características de los colectores

Características del sistema utilizando este colector solar:

Consumo de agua caliente sanitaria :	1.650	litros / día
Demanda energética anual prevista :	29.878	kWh / año
Aportación solar anual obtenida :	14.978	kWh / año
Aportación fuente auxiliar anual :	14.900	kWh / año
Cobertura solar anual :	50,1	%
Volumen de acumulación solar mínima:	1.725	litros
Pérdidas por orientación e inclinación	15	%
Pérdidas por sombras	34,7	%
Pérdidas totales	49,7	%

Tabla 2.7 Características del sistema

### OPCIÓN 3: Colectores integrados en cubierta

Los colectores solares integrados se diferencian de las demás por tener un objetivo doble: actúan como cerramiento estanco del edificio al mismo tiempo que actúan como captadores solares. Es muy válida para cubiertas singulares dónde la estética de la cubierta tenga importancia.

Este tipo de captadores cuando se pone como integración arquitectónica la exigencia de la normativa es menor, debido a que sigue la forma y topología de la cubierta.



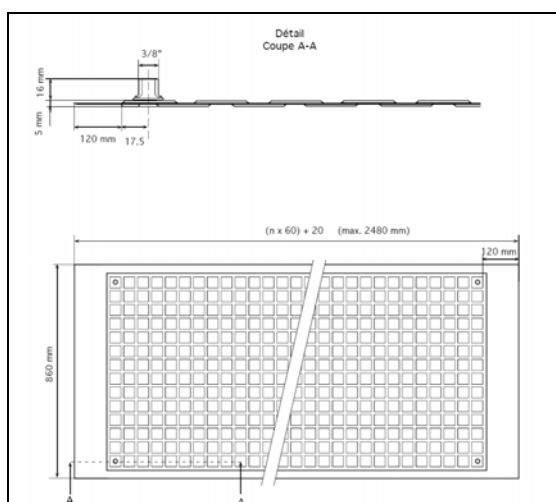


Fig. 2.36 Imagen colector integrado

Las características de los colectores serán:

Marca del colector	Energie Solaire	
Modelo de colector solar :	AS	-
Superficie solar activa unitaria :	1,85	m <sup>2</sup>
Dimensiones del colector solar :	2435x882x120	mm. ( ancho x alto x fondo )
Rendimiento óptico ( $c_0$ ) :	95,9	%
Coeficiente de pérdida de calor ( $c_1$ ) :	8,91	W/ ( m <sup>2</sup> .K )
Coeficiente de pérdida de calor ( $c_2$ ) :	0,047	W/ ( m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> )
Número de colector solares :	35	-
Superficie solar de captación :	48,1	m <sup>2</sup>
Precio unitario (aprox.)	650	€

Tabla 2.8 Características de los colectores

Al tener el objetivo de conseguir una contribución solar del 50% durante los meses de invierno cuando el edificio estará activo, todos los colectores producirán prácticamente la misma energía, tal y como se puede comprobar en el siguiente gráfico:

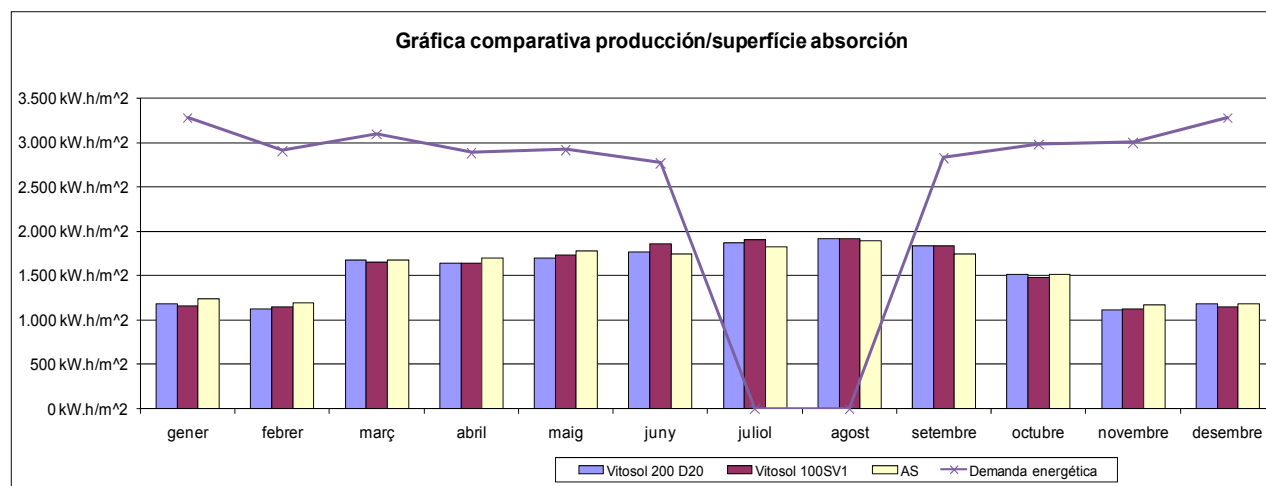


Fig. 2.37 Gráfico comparativo de energía producida de los colectores

Hay que tener en cuenta que en los dos meses de verano se producirá una cantidad de energía que no será aprovechada, tendrá que ser disipada al exterior.

Al disponer de más energía solar en verano y con el objetivo de tener una contribución solar constante a lo largo del año, la producción será más elevada en los meses cercanos a verano respecto a los meses de invierno.

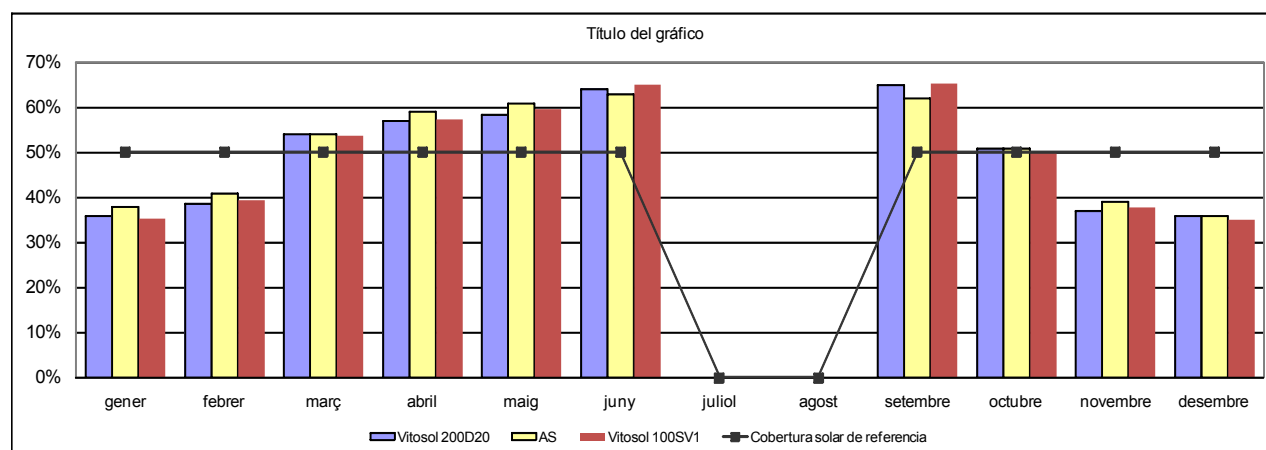
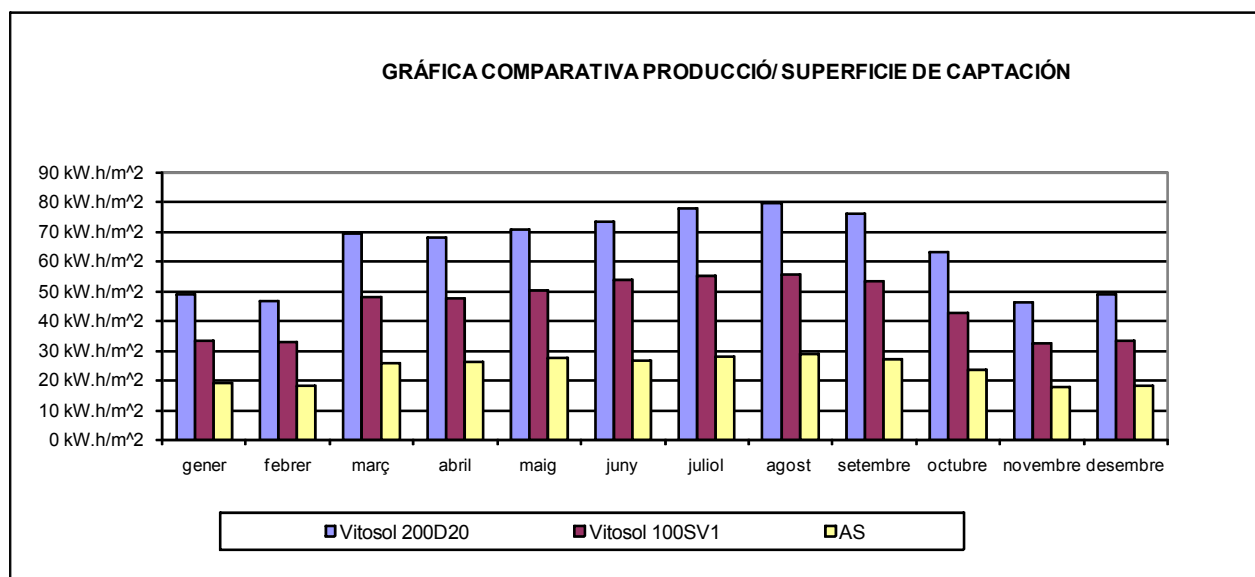


Fig. 2.38 Gráfico de contribución solar por captador solar

Si se muestra la energía producida por metro cuadrado de colector, al tener los colectores de vacío unas pérdidas por inclinación inferiores debido a que se pueden inclinar unos 25° más que los demás estando prácticamente a la misma inclinación que cubierta, su producción por metro cuadrado de superficie de absorción será mucho más elevada. Esto se traducirá en la colocación de menos colectores para la producción de la misma energía.

Fig. 2.39 Gráfico de producción por m<sup>2</sup> de captador solar

Aunque los colectores más eficientes en este caso sean los colectores de vacío, los dos parámetros más importantes y que decidirán cual poner son el precio y la superficie de ocupación. Si se muestran los dos gráficos:

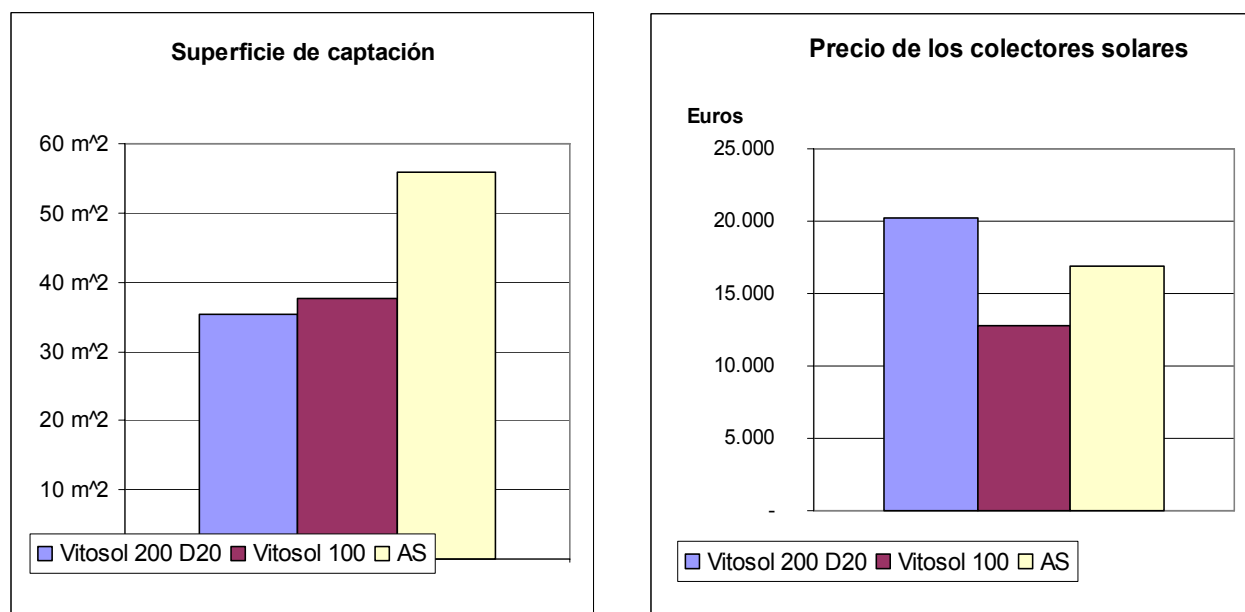


Fig. 2.40 Comparativa de precios y superficie de ocupación

Se puede observar que aún necesitando menos colectores Vitosol 200 D20, el conjunto sigue siendo más caro. Económicamente, los colectores planos Vitosol 100 son los más baratos. En cuanto a la superficie de ocupación, al necesitar menos placas con colectores de vacío, la superficie ocupada en cubierta será menor, pero la diferencia no es muy grande con respecto

al colector plano. Además se dispone de mucha superficie en cubierta, de esta forma el espacio para la colocación de colectores no sería un problema.

Una vez analizados todos los colectores solares, se colocaran colectores solares planos con una inclinación de 5°, imperceptible para el ojo humano pero básico para el buen funcionamiento de este tipo de colectores.

## 2.1.4 ESTUDIO DE AMORTIZACIÓN Y RENTABILIDAD

Aunque no sea obligatoria por normativa la colocación de las placas fotovoltaicas se llevará a cabo un estudio de rentabilidad para determinar la viabilidad de su implantación.

Las razones por las cuales no es obligatoria la implementación son:

- Superación de las pérdidas permitidas (según análisis del apartado 3.1.1 de este trabajo).
- La superficie construida del edificio según el uso es inferior al determinado por normativa.

Tabla 1.1 Ámbito de aplicación	
Tipo de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m <sup>2</sup> construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m <sup>2</sup> construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m <sup>2</sup> construidos
Administrativos	4.000 m <sup>2</sup> construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m <sup>2</sup> construidos

Tabla 2.9. Ámbito de aplicación según apartado 1.1 CTE-HE5

Con el objetivo de demostrar en cuanto tiempo se podría recuperar la inversión llevada a cabo para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en este edificio, debido al elevado coste inicial que supone, se procederá a realizar el estudio de amortización y rentabilidad.

Según especificaciones del proyecto con una inclinación de 5° y unas pérdidas totales del 50%, escogiendo la marca BP Solar, modelo BP 3165, se obtienen los siguientes resultados. (Ver instalación solar fotovoltaica Anexo I.2):

TIPO DE INSTALACIÓN	
Potencia del inversor	6000 W
Potencia del campo fotovoltaico	6105 Wp
Producción energética estimada anual	4726.991735 Kw·h

Tabla 2.10 Tipología de instalación

Si se tiene en cuenta la garantía según el fabricante sobre los colectores, siendo estos la parte más sensible de la instalación, la tarifa de bonificación de energía fotovoltaica y la tarifa de precio normal de la energía eléctrica:

DATOS GENERALES	
Garantía del fabricante de colectores, de una potencia nominal del 80%	
	25 años
P.V.P del kw-h	0.078441 €
Tarifa bonificada del kwh fotovoltaico (RD 661/2007)	0.440381 €, durante los primeros 25 años, P<100 Kw

Tabla 2.11 Datos generales

Los costes a considerar serán los de la instalación solar más unos costes por mantenimiento y de seguro por posibles incidentes, todo ello a amortizar en diez años. (El presupuesto básico de la instalación puede observarse en el anexo I.2).

COSTES	
Coste total de la instalación	
	37384.47 €
Periodo de amortización	10 años
Coste anual de mantenimiento año de referencia	500 €
Coste anual del seguro integral de la instalación	200 €

Tabla 2.12 Costes

Con la siguiente financiación pactada previamente con la propiedad:

FINANCIACIÓN	
Fondos propios	
25%	9346.1175 €
Subvenciones	0 €
Préstamo	28038.3525 €
Tipo de interes	4 %
Plazo	12 años
Pago mensual del credito	202.4992125 €

Tabla 2.13 Financiación

De esta forma, el tiempo necesario para amortizar la instalación será:

CÁLCULO DE AMORTIZACIÓN Y RENTABILIDAD										
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gastos	38506.0041	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Beneficios	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347
Total	-36424.32675	-33642.64941	-30860.97206	-28079.29471	-25297.61736	-22515.94002	-19734.26267	-16952.58532	-14170.90797	-11389.23063
Año	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Gastos	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Beneficios	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347
Total	-8607.553279	-5825.875932	-3044.198584	-262.5212369	2519.15611	5300.833458	8082.510805	10864.18815	13645.8655	16427.54285
Año	20	21	22	23	24	25				
Gastos	700	700	700	700	700	700				
Beneficios	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347	2081.677347				
Total	19209.22019	21990.89754	24772.57489	27554.25224	30335.92958	33117.60693				

Tabla 2.14 Cálculo de amortización y rentabilidad de los 25 siguientes años

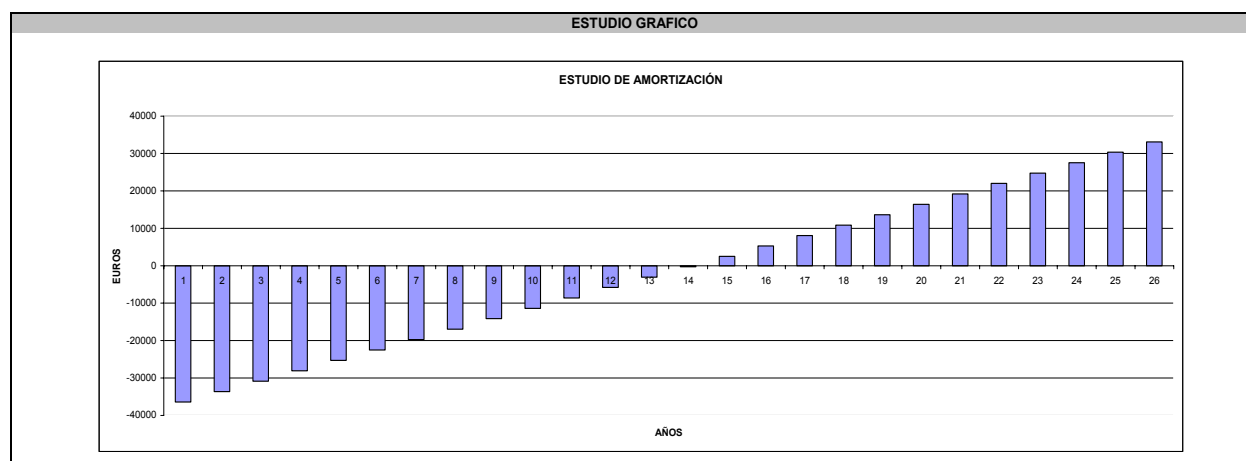


Fig. 2.41 Gráfico de retorno de la inversión

Con la inclinación de los colectores antes mencionada de 5°, y con todas las pérdidas producidas por los elementos externos, harían falta 14 años para recuperar la inversión inicial de una instalación solar fotovoltaica de 6 kWp de potencia con las características descritas anteriormente.

Este elevado tiempo de retorno queda justificado por el elevado grado de pérdidas, ya sean por los elementos externos o por la inclinación de los colectores.

De esta forma, una vez estudiada la viabilidad por parte del cliente, quedará descartada su implementación, NO se llevará a cabo su diseño.

## 2.2 ESTUDIO DE LUZ NATURAL

Con el fin de aprovechar al máximo la luz natural incidente en el edificio de estudio para optimizar la regulación de luz y conseguir así mejoras desde el punto de vista energético y económico se llevará a cabo un estudio de luz natural de los diversos locales con acristalamiento exterior, teniendo en cuenta la normativa de aplicación. (Según el CTE- HE3)

La luz natural procedente de la bóveda celeste consta de tres componentes:

- El haz directo procedente del sol.
- La luz natural difundida en la atmósfera, componente difusa del cielo.
- La luz procedente de reflexiones en el suelo y objetos en el entorno exterior.

En este estudio se hará el cálculo de la cantidad de luz diurna sin considerar la luz directa solar, de esta manera, el factor de luz natural (DF) será la suma de los siguientes parámetros:

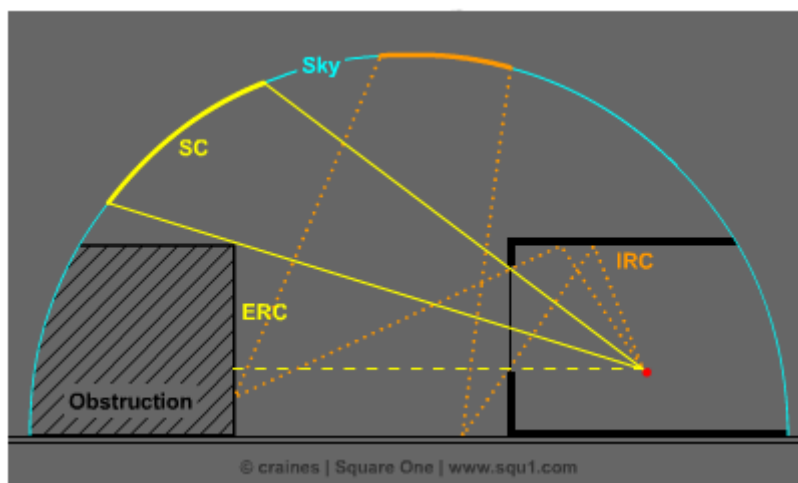


Fig. 2.42 Variables de cálculo

SC: Luz natural proveniente de la atmósfera que atraviesa los ventanales.

ERC: Luz reflejada del suelo, árboles u otros edificios.

IRC: Reflexión interna de SC y ERC de otras superficies dentro de la habitación.

La metodología de cálculo de Ecotect para llevar a cabo este estudio, se basa en el método "Split Flux Method", se generan un gran número de rayos de luz imaginarios con dirección a la zona de estudio para la determinación del factor de luz natural, teniendo en cuenta elementos externos, elementos internos, y la topología de los diferentes materiales con sus respectivos colores y propiedades.

### 2.2.1 DATOS CLIMATOLÓGICOS

Una vez importados los datos climatológicos desde el Meeonorm, hay que determinar la cantidad de luz natural que hay en el cielo y que será el punto de partida del estudio. El parámetro más importante que determina la *iluminancia*<sup>16)</sup> en el cielo es la latitud de la zona de estudio. Cuanto más cerca se esté del Ecuador, más elevado será el nivel de luz y con mayor calidad.

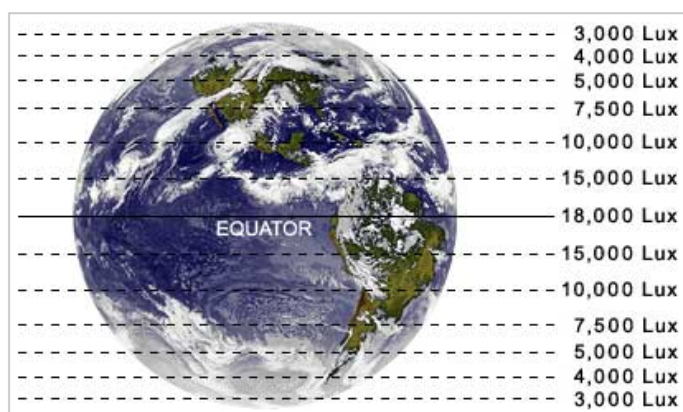


Fig. 2.43 Niveles de iluminación natural

En este estudio, al estar en una latitud de 42°, el nivel de iluminación será de 6000 lux. Este valor representa el nivel de iluminancia horizontal, es decir el flujo luminoso incidente horizontalmente por metro cuadrado, que es sobrepasado en un 85% del tiempo entre las 9am y 5pm en todo el año. Es por esto, que el cálculo se realizará con un valor bastante desfavorable, sabiendo que el valor real de luz natural será en la mayoría de las horas durante el día, superior al utilizado en el cálculo.

La tipología de cielo que puede haber a lo largo de un día puede ser muy variable, desde cielos totalmente claros a cielos totalmente cubiertos.

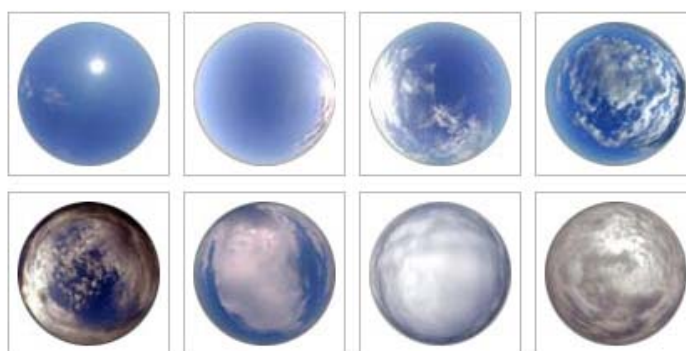


Fig. 2.44 Posibles distribuciones de cielos

Existen muchos métodos matemáticos para reflejar la distribución de luz dependiendo del grado de nubulosidad. En este estudio se usará un método normalizado por la CIE (comisión internacional de la Iluminación) para llevar a cabo el análisis:

- Cielo totalmente nublado, sin tener en cuenta la luz proveniente del haz solar, caracterizado porque la luminancia cenital es 3 veces mayor que la del horizonte.

## 2.2.2 MATERIALES Y ACABADOS

La tipología de cristal es el cerramiento con mayor importancia para el aprovechamiento de la luz natural. Para este tipo de estudio tienen gran importancia sus características luminosas:

- *Transparencia*<sup>17)</sup>
- *La reflexión luminosa*<sup>18)</sup>

En cuanto a los demás cerramientos con sus acabados superficiales interiores, también hay que tenerlos en cuenta a la hora de determinar el valor del IRC de la zona de estudio, es por eso que no se pueden menos prear o suponer valores cualesquiera. Son dos los parámetros a considerar:

- *Especularidad*<sup>19)</sup>.
- *Reflexión*<sup>20)</sup>



Para este estudio, se considerarán los mismos acabados y colores para todas las salas, aunque alguna de ellas este pendiente de un posterior diseño de interiorismo. La tabla de características es la siguiente:

VALORS DE LOS COEFICIENTES DE TRANSPARENCIA, ESPECULARIDAD Y REFLEXIÓN					
Descripción cerramiento	Descripción superficial	Color	Transparencia ( TL )	Especularidad	Reflexión
Pavimento	Pavimento cerámico	Gris oscuro	-	0.1	0.2
Paredes	Enlucido de yeso	blanco	-	0.1	0.5
Techo	Falso techo acabado con lámina de yeso	Gris claro	-	0.1	0.7
Cristales	Cristal transparente	-	0.75	-	0.08

Tabla 2.15 valores de los coeficientes de transparencia, especularidad y reflexión de las paredes

### 2.2.3 SIMULACIÓN GRÁFICA

Se llevará a cabo el estudio de luz natural de todas las zonas que contengan alguna pared exterior con un alto grado de acristalamiento, llevando a cabo la simulación gráfica en el plano de trabajo del local. Los locales sujetos al estudio de luz natural son [ver planos adjuntos para su ubicación]:

Local	Planta	Iluminancia media (Em)	Altura del plano de trabajo
		[lux]	[m]
Alquiler de Esquí/Snow	PB/P1	400	0
Guarda esquís	PB	200	0
Tienda de deportes	PB	400	0
Comercial A	PB	400	0
Comercial B	PB	400	0
Recepción/Sala espera	PB	300	0
Zona de personal	P1	500	0.8
Recepción/espera	P1	300	0.8
Restaurante	P1	400	0
Pasillos	P1	Distancia de luces <3m Irán todos regulados.	
Despachos varios	P1	Distancia de luces <3m Irá todo regulado	

Tabla 2.16 Locales sujetos a estudio

Alquiler de Esquí

Para la obtención de la máxima información posible del local, se representarán las curvas de nivel lumínico en el plano de trabajo además de la representación por puntos para conocer los valores exactos a unas distancias determinadas.

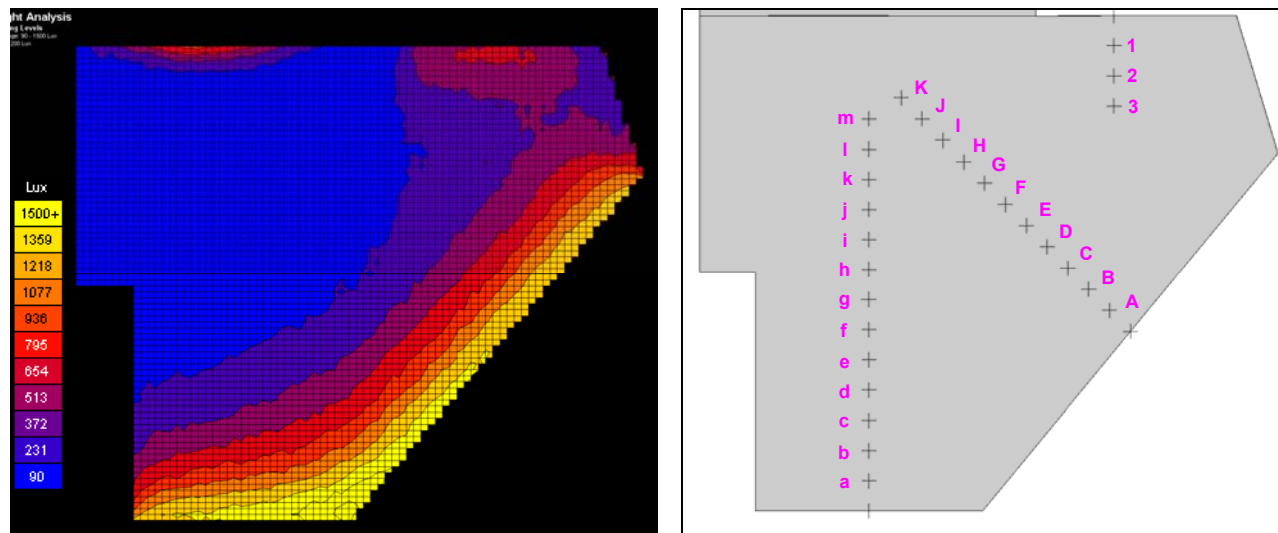


Fig. 2.45 Mapa de niveles lumínicos/mapa de puntos

PUNTO	DISTANCIA (m)	FACTOR DE LUZ NATURAL (%)	ILUMINACIÓN (lux)
a	1	21,32	1279,2
b	2	14,98	898,8
c	3	10,32	619,2
d	4	6,60	396
e	5	5,36	321,6
f	6	3,66	219,6
g	7	2,28	168
h	8	2,11	126,6
i	9	1,69	101,4
j	10	1,32	79,2
k	11	1,12	67,2
l	12	0,86	51,6
m	13	0,67	40,2
A	1	20,17	1210,2
B	2	13,99	839,4
C	3	9,06	543,6
D	4	6,36	381,6
E	5	4,42	265,2
F	6	3,49	209,4
G	7	2,56	153,6
H	8	2,01	120,6

I	9	1,47	88,2
J	10	1,10	66
K	11	0,96	57,6
1	1	9,96	597,6
2	2	7,57	454,2
3	3	5,82	349,2

Tabla 2.17 Valores de iluminación de los diferentes puntos seleccionados

Este proceso se llevará a cabo para todos los locales mostrados en la tabla 2.16 (Ver anexo B). Una vez analizados todos los locales se decidirá qué tipo de regulación y a que distancias se llevará a cabo. Hay dos tipos de regulación posibles:

- Regulación todo/nada: El circuito de iluminación se enciende o se apaga según una orden, del tipo ocupación-no ocupación lo cual significa que puede estar generada por horario, detector de presencia, pulsador u otro tipo de orden.
- Regulación proporcional: Es la que consigue controlar la intensidad de la fuente de luz a través de saltos discretos desde un mínimo de potencia de salida hasta el 100% de la potencia. Este tipo de regulación, por su parte, se pueden distinguir dos tipologías:
  - Regulación proporcional por zonas: Donde la regulación es la misma para un conjunto de luminarias definida.
  - Regulación proporcional punto a punto. Donde cada luminaria es regulada independientemente.

En este edificio se ha decidido que todas las salas de la Tabla 2.17 vayan reguladas proporcionalmente en las zonas donde el nivel de luz natural sea superior a *200 lux*, siempre y cuando la distancia supere los 3m respecto el acristalamiento exterior. Si a una distancia inferior a 3 m no se alcanza el valor marcado, se colocará una regulación proporcional tal y como exige la normativa de aplicación (CTE HE-3). Dentro de las zonas reguladas proporcionalmente, se pueden distinguir:

- Zonas donde las luces irán reguladas por zona. Será en los pasillos y en la recepción, puesto que son lugares estrechos donde no tendría sentido la regulación punto a punto, además de ser las reguladas por zona más económicas.
- Zonas donde las luces irán reguladas punto a punto. En aquellas luces ubicadas en salas amplias y muy iluminadas donde el valor del nivel de luz natural tenga intervalos elevados. En el resto de locales de la tabla 2.16.

En los planos EL-E2, EL-E3. Puede observarse las diferentes zonas de control de alumbrado, donde en la zona sombreada se colocarán las luces reguladas.

## 2.3 ESTUDIO DEL ENVOLVENTE

El objetivo de este estudio, una vez determinadas las especificaciones mínimas provenientes de arquitectura, es el de definir todas las soluciones constructivas (huecos, muros, suelos y cubiertas) con el objetivo de que cada *cerramiento*<sup>21)</sup> cumpla con los valores mínimos establecidos por la normativa. Estos cerramientos descritos en este apartado serán los cerramientos de partida para la posterior simulación con el programa LIDER. Este programa es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia de limitación de demanda energética (HE1), establecida en el Documento Básico del CTE.

Tal y como se muestra en el plano siguiente, el edificio en cuestión dispone de las siguientes orientaciones según marca el CTE, que componen la envolvente del edificio. Dependiendo de la orientación serán unos valores u otros los que exigirá la normativa para la definición de los cerramientos:

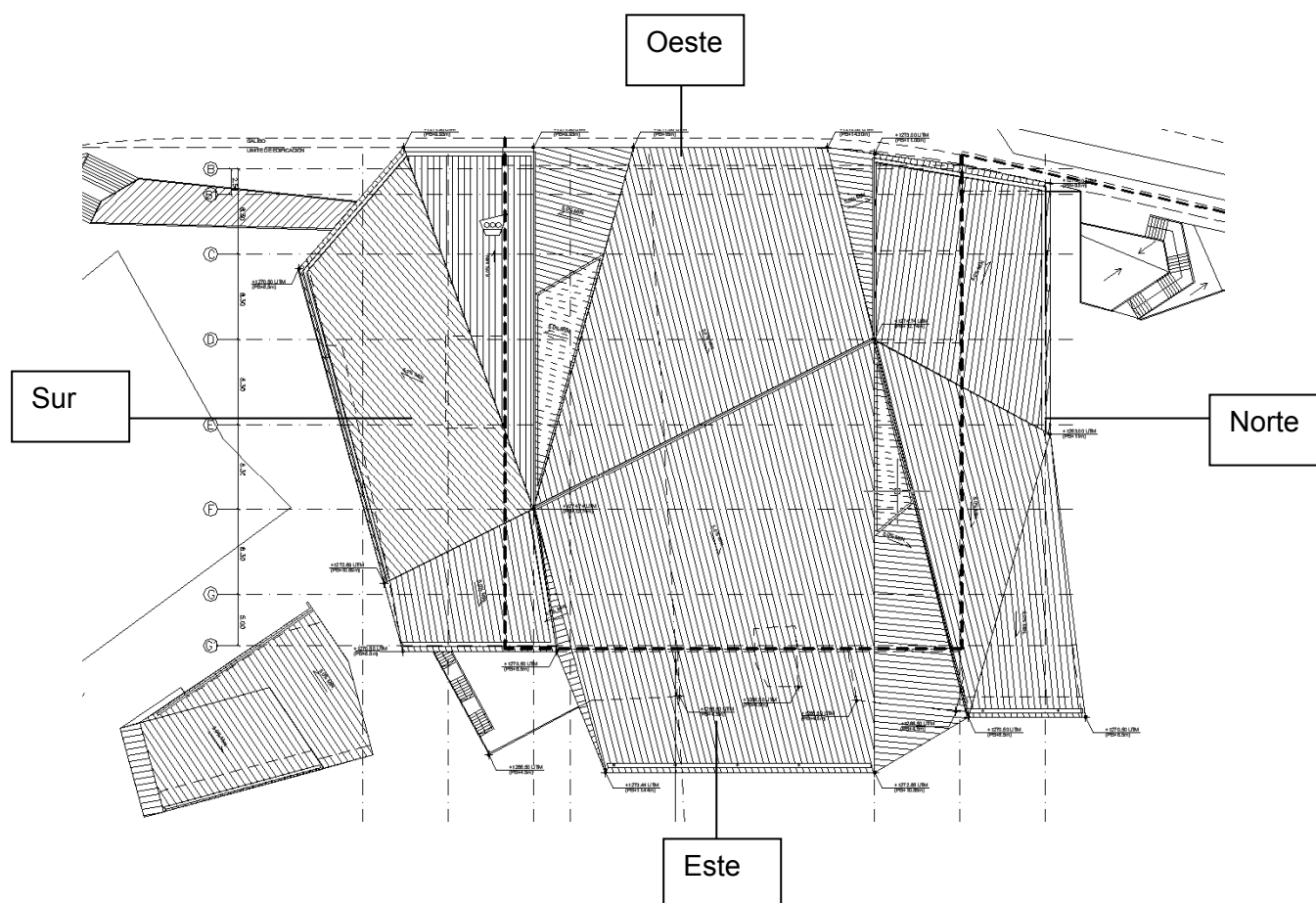


Fig. 2.46 Orientaciones según la planta del edificio de estudio.

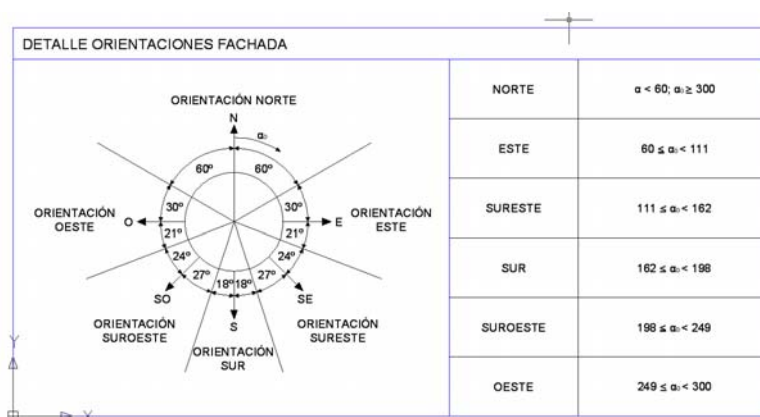


Fig. 2.47 Orientación según el CTE.

Una vez orientado el edificio estudio, se procede a orientarlo debidamente en el programa de simulación Ecotect para el posterior análisis:

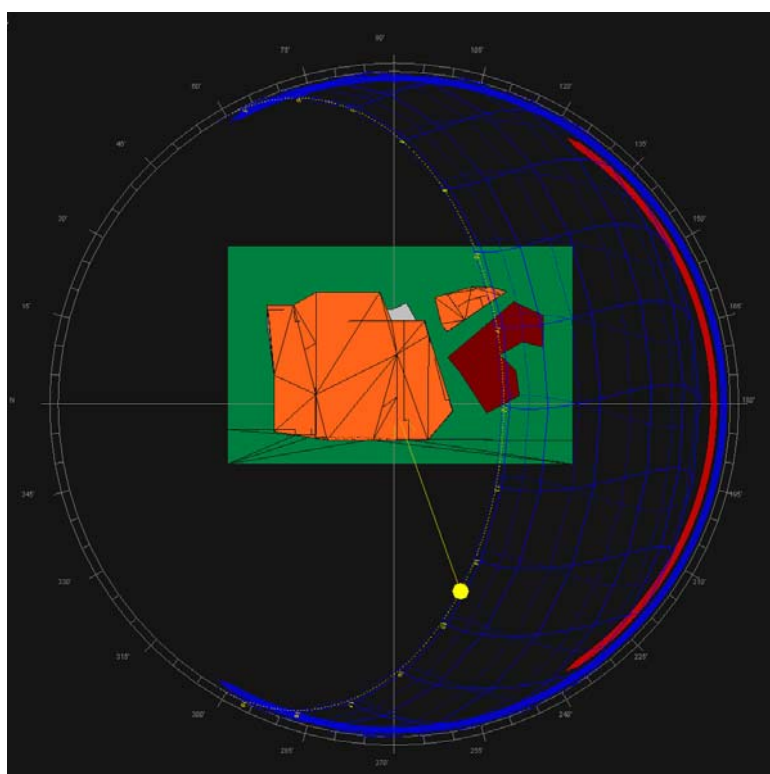


Fig. 2.48 Plano en planta del edificio simulado con Ecotect.

A continuación se presenta la tabla con los valores de referencia mínimos que deben de cumplir los cerramientos que componen la envolvente del edificio dependiendo de la orientación definida anteriormente (caso más desfavorable entre CTE DB – HE1 y “Decret d’Ecoeficiencia”):

VALORES MÁXIMOS DEL COEFICIENTE U DE TRANSMITANCIA TÉRMICA DE CERRAMIENTOS EN W/m <sup>2</sup> .K I FACTOR SOLAR				
Localidad :		Lleida	Zona climática :	E1
Descripción cerramientos envolvente térmica		REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, Código Técnico de la Edificación CTE	Decreto 21/2006, de 14 de febrero Criterios ambientales y d'eficiencia en los edificios	Valores a aplicar según normativa más restrictiva
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	U Mlim	0,57	0,7	0,57
Transmitancia límite de suelos	U Slim	0,57	0,7	0,48
Transmitancia límite de cubiertas	U Clim	0,35	0,4	0,35
Transmitancia límite de huecos a N	U Hlim	2,2	3,3	2,20
Transmitancia límite de huecos a E	U Hlim	2,4	3,3	2,40
Transmitancia límite de huecos a O	U Hlim	2,6	3,3	2,60
Transmitancia límite de huecos a S	U Hlim	3,1	3,3	3,10
Transmitancia límite de huecos a SE	U Hlim	3,1	3,3	3,10
Transmitancia límite de huecos a SO	U Hlim	3,1	3,3	3,10
Factor solar modificado límite de huecos E	F Hlim	0,4	-	0,40
Factor solar modificado límite de huecos O	F Hlim	0,45	0,35	0,35
Factor solar modificado límite de huecos S	F Hlim	0,6	0,35	0,35
Factor solar modificado límite de huecos SE	F Hlim	0,49	0,35	0,35
Factor solar modificado límite de huecos SO	F Hlim	0,49	0,35	0,35
Factor solar modificado límite lucernarios	F Llim	0,36	-	0,36

Tabla 2.18 Valores máximos de transmitancia y factor solar según CTE y "Decret d'Ecoeficiència"

### 2.3.1 HUECOS

Referente al acristalamiento son dos los parámetros más importantes y que se calcularán previamente para su posterior simulación:

- El factor solar<sup>22)</sup> ( $g_{\perp}$ )
- El valor de la transmitancia térmica<sup>23)</sup> de huecos ( $U_H$ ),

Primeramente se determinará la necesidad del factor solar del acristalamiento ( $g_{\perp}$ ) en los diversos cristales que forman la fachada del edificio para el cumplimiento mínimo requerido

según normativa. Referente a la tabla 2.18, los cerramientos acristalados han de tener un factor solar mínimo de 0,35 excepto este (0,4) y norte (sin limitación).

Además se escogerá una composición del acristalamiento con el fin de cumplir normativa referente a la transmitancia térmica límite.

Para determinar el factor solar del acristalamiento ( $g_{\perp}$ ) se determinará previamente el factor de sombra ( $F_s$ ) de cada cristal, estudiando solamente los más significativos para la representación de todo el conjunto, evitando así el cálculo uno a uno. Este factor nos da a conocer la fracción de radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos externos. A partir de aquí y con la siguiente fórmula, extraída del CTE, que tiene en cuenta los marcos de las ventanas (se ha considerado un 5% del total de superficie acristalada,  $FM=0,05$ ) se determinará el factor solar equivalente mínimo ( $F$ ) que ha de tener el cristal para el cumplimiento de normativa:

$$F = F_s \cdot [ (1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha ] \quad (E.11)$$

siendo

$F_s$  el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de  $F_s$  se debe considerar igual a la unidad;

$FM$  la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;

$g_{\perp}$  el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998;

Expresión 2.1 Factor solar modificado

Para la determinación de todos estos parámetros se aplicará:

- El diagrama estereográfico para interpretar y entender la situación de cada zona acristalada. En él se indica de 0 a 100 el porcentaje de sombra que recibe la zona de estudio dependiendo de la hora, día y mes del año. (Para una mayor comprensión de este diagrama, de interpretar la afectación de los edificios de alrededor en una zona acristalada, ver Fig. 2.49)
- Cálculo del coeficiente de sombras, inversa del porcentaje en tanto por uno del valor anual obtenido de las tablas que se mostrarán en los diversos análisis ( $F_s = 1 - \text{Avg. SC}$ ).
- Cálculo del valor del factor solar necesario en el acristalamiento en caso que sea necesario.

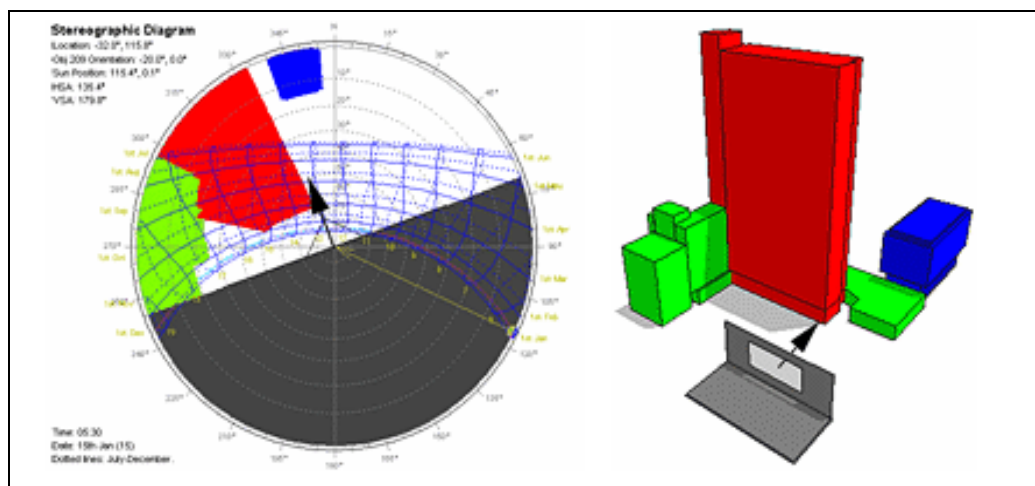


Fig.2.49 Proyección de las sombras en el diagrama estereográfico causadas por los edificios circundantes.

Una vez determinados los factores solares mínimos de los diferentes cristales, se comprobará el valor de su transmitancia mediante la siguiente expresión:

La transmitancia térmica de los huecos  $U_H$  ( $W/m^2 K$ ) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (E.10)$$

siendo

$U_{H,v}$  la transmitancia térmica de la parte semitransparente [ $W/m^2 K$ ];

$U_{H,m}$  la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [ $W/m^2 K$ ];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

Expresión 2.2 Transmitancia térmica de los huecos

### Huecos fachada sur

En esta fachada no queda claro el número de divisiones para representar todos los acristalamientos. Al haber el hotel como edificio externo en la fachada, como también la pequeña influencia del edificio adjunto al de estudio, se llevará a cabo una simulación de la radiación incidente a lo largo de un año en esta fachada para determinar en cuantas zonas hay que dividir los acristalamientos para que todos ellos queden representados.

Dejando a un lado los valores obtenidos en la simulación al no tener mayor trascendencia, toda la importancia recaerá en la escala de colores representada a continuación. Los valores oscilan de 1200000Wh (color amarillo) a 120000 Wh o inferior (color azul). En este estudio, cuanto menor sea la radiación incidente, menor será  $F_s$ , así el factor solar del cristal podrá ser más próximo a 1, es decir, será necesaria menos protección para cumplir con normativa.



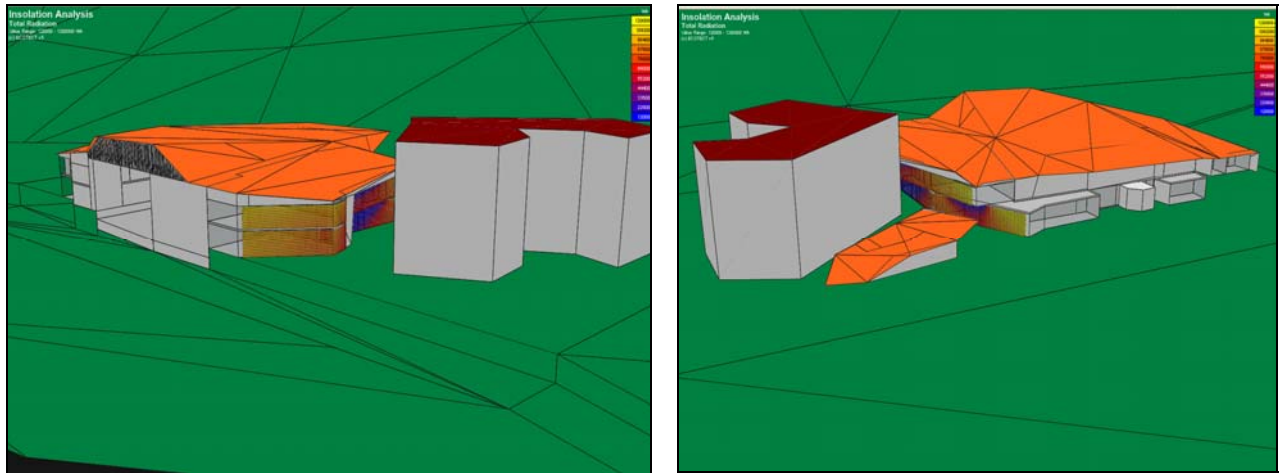


Fig. 2.50 mapa de incidencia solar en fachada sur

Si ocultamos el hotel, edificio externo al de estudio, se podrá observar con más detalle la radiación que incide en esta fachada:

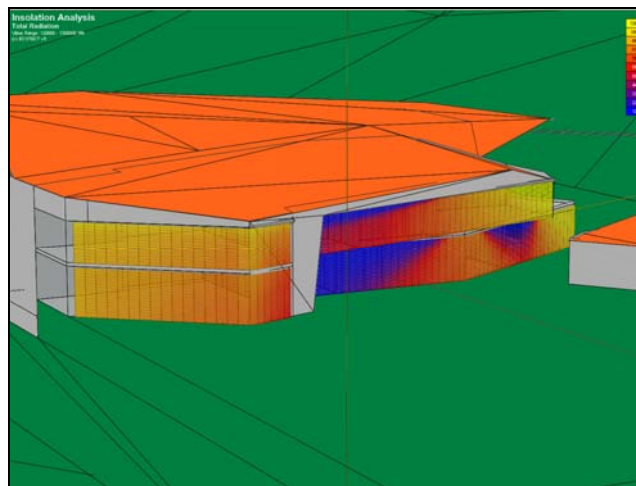


Fig. 2.51 mapa de incidencia solar en fachada sur

Una vez llevada a cabo la simulación, se ha decidido dividir la fachada en cuatro zonas. Las zonas 1 y 3 son las que menos radiación solar reciben, básicamente por la obstrucción del hotel. En la zona 4, debido a la pequeña sombra del edificio de información, tendrá una incidencia solar bastante reducida también. Será la zona 2 donde el sol incidirá más frecuentemente.

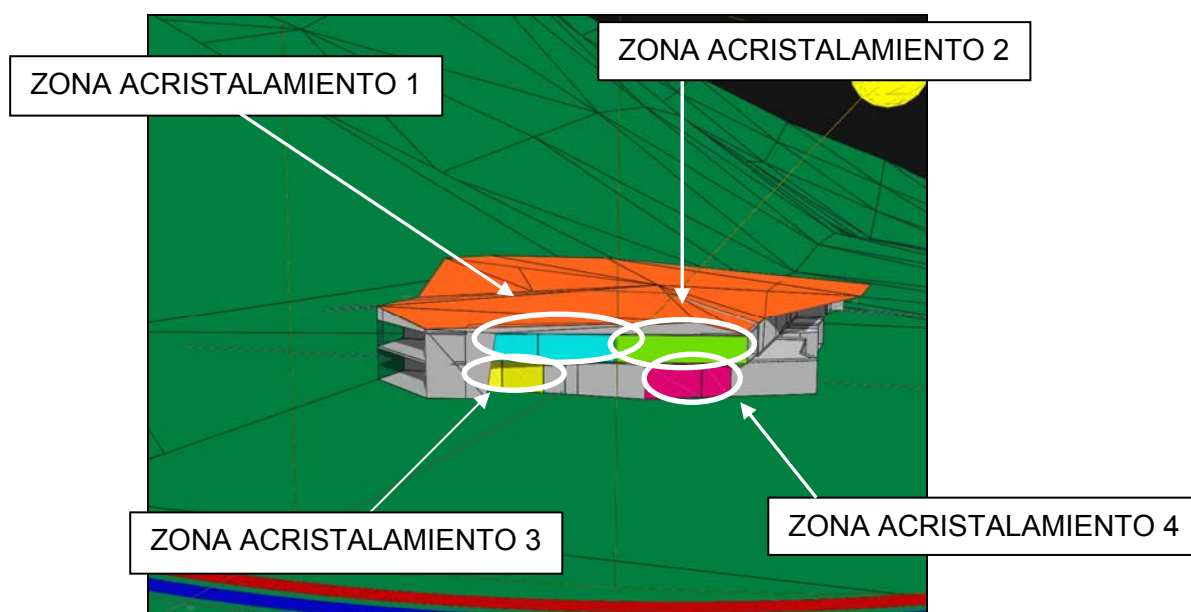


Fig. 2.52 zonificación fachada sur

### ZONA ACRISTALAMIENTO 1

El diagrama estereográfico como la tabla con el factor de sombra se presenta a continuación:

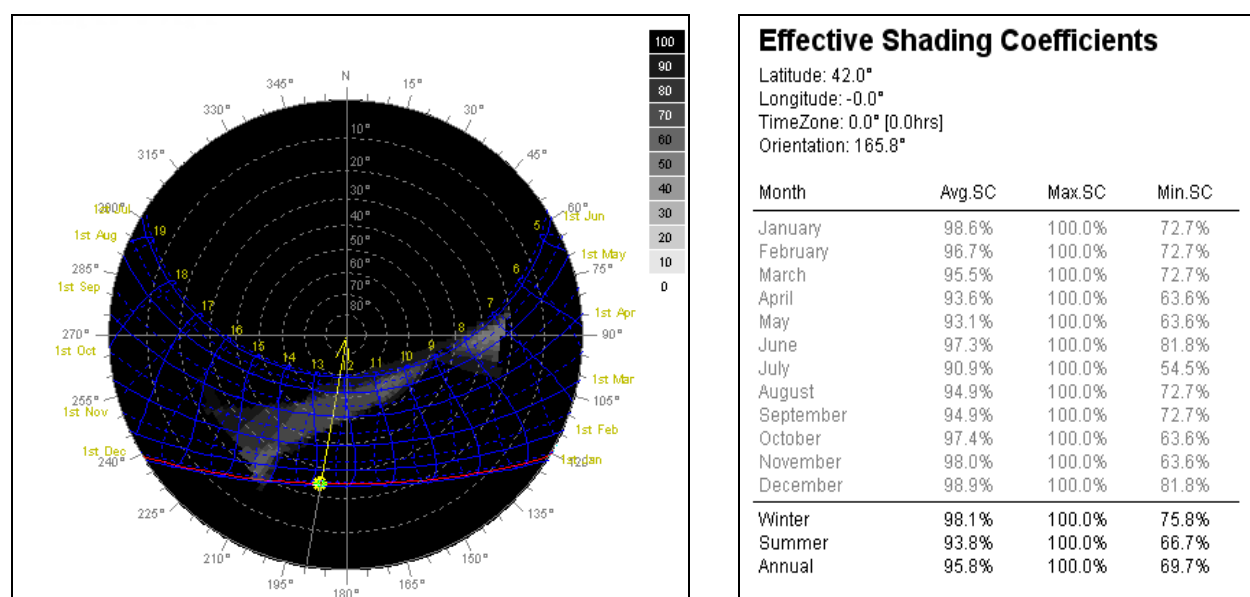


Fig. 2.53 diagrama estereográfico y coeficiente de sombras

El factor de sombra del hueco será la inversa del coeficiente de sombra. De esta forma,  $F_s = 0.042$ . Al ser este valor inferior al del factor solar equivalente ( $F$ ), a efectos de normativa, no haría falta que el cristal dispusiera de un factor solar adicional ( $g_{\perp}=1$ ).

El mismo proceso (mostrado en el anexo C), será utilizado para el resto de acristalamientos de esta fachada.

Huecos fachada oeste

Para llevar a cabo el análisis se escogerá un cristal representativo de la parte derecha de la fachada y otro de la parte izquierda. El motivo de esta separación en dos zonas se debe a que en la parte izquierda hay un pequeño retranqueo produciendo más sombra. Así, el factor de sombra ( $F_s$ ) de la zona izquierda (zona fucsia) a priori dará un valor inferior respecto la zona derecha (amarilla). (Los cálculos son representados en el anexo C)

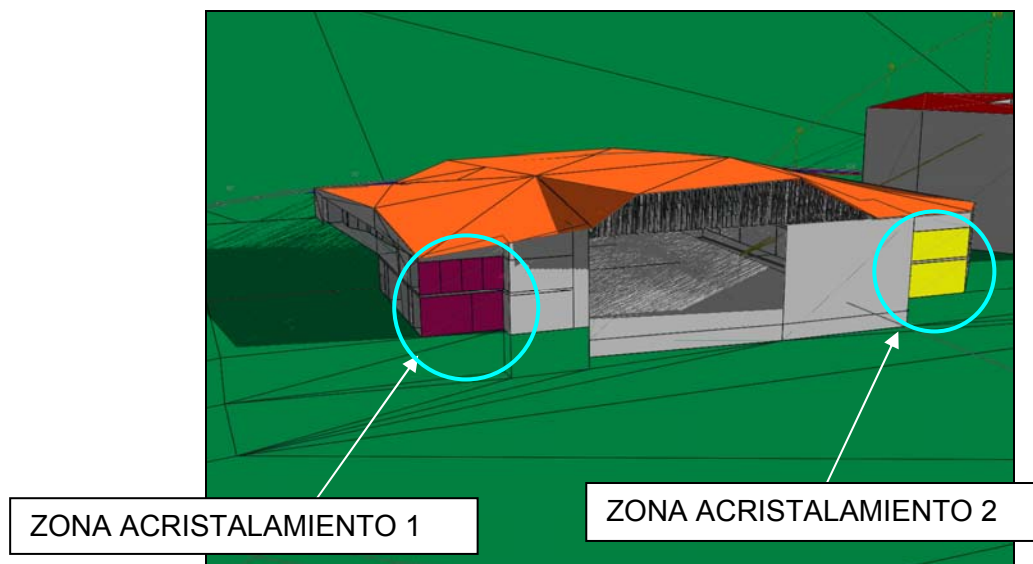


Fig. 2.54 Zonas de representación fachada oeste

Huecos fachada sur-oeste

Únicamente hay dos cristales en esta orientación, uno encima del otro. De esta forma, al no haber voladizo en la cubierta, solo habrá una zona de estudio, que representará el acristalamiento de esta fachada. (Los cálculos son representados en el anexo C)

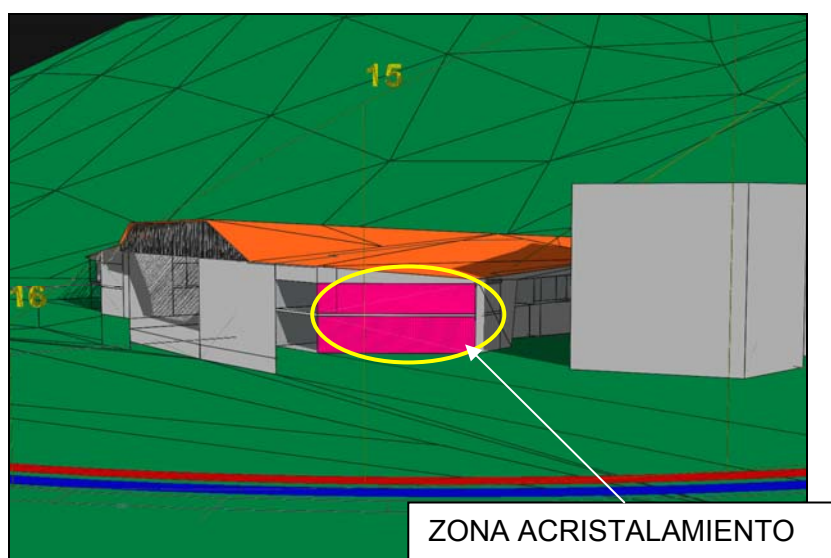
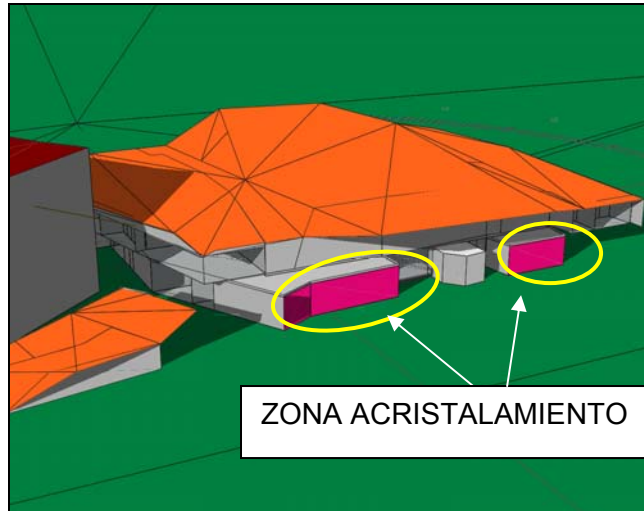


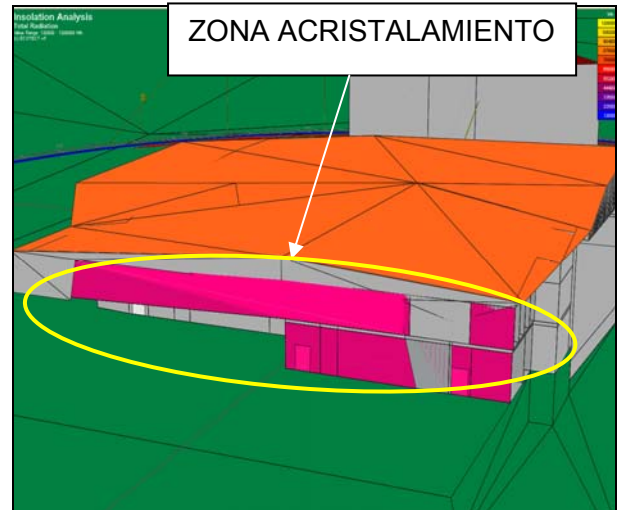
Fig. 2.55 Zonas de representación fachada sur-oeste

### Huecos fachada este y norte

En ambos se hará un único análisis que representará todo el acristalamiento de la fachada. (Los cálculos son representados en el anexo C).



2.56 Zona de representación fachada este



2.57 Zona de representación fachada norte

La tabla resumen con el factor solar mínimo de cada zona de acristalamiento, una vez terminados los cálculos de todas las zonas que componen las diferentes fachadas es:

Fachada	Zona Acristalamiento	Factor solar mínimo del cristal ( $g_{\perp}$ )
Sur	1	1
	2	1
	3	1
	4	1
Oeste	1	1
	2	1
Sur-oeste	1	0,87
Este	1	1
Norte	1	1

Tabla 2.19 Factores solares mínimos de las zonas acristaladas

Al disponer de tantos elementos de sombra que impiden la incidencia solar (montañas, edificios del alrededor y voladizos de la cubierta), no serán necesarios cristales con un gran factor solar. Con el fin de homogeneizar las diversas zonas acristaladas, se colocará un único cristal para todo el edificio que cumpla con el caso más desfavorable tanto de factor solar como de transmitancia térmica. Las características del cristal escogido son:

Marca: ISOLAR

Modelo: NEUTRALUX

Transmitancia térmica:  $1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  (la transmitancia térmica mínima por normativa en la fachada más desfavorable (Norte) es de  $2,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  (Ver tabla 2.18))

Factor Solar del cristal ( $g_{\perp}$ ): 0.65

Transmitancia luminosa: 0,8

Si se coloca en todas las fachada este cristal estaríamos cumpliendo sobradamente en todas las zonas acristaladas. Únicamente los acristalamientos de la fachada suroeste precisaban de un factor solar adicional, de  $g_{\perp} = 0.87$ .

A continuación se detallará una tabla resumen con el factor solar modificado equivalente de cada uno de los acristalamientos de cada fachada, según el análisis llevado a cabo anteriormente, teniendo en cuenta el cristal escogido:

Fachada	Zona Acristalamiento	Factor solar del cristal escogido ( $g_{\perp}$ )	Coefficiente de sombras ( $F_s$ )	Factor solar equivalente (F)
Sur	1	0,65	0,15	0,194
	2	0,65	0,291	0,182
	3	0,65	0,042	0,026
	4	0,65	0,172	0,108
Oeste	1	0,65	0,004	0,003
	2	0,65	0,236	0,148
Sur-oeste	1	0,65	0,417	0,261
Este	1	0,65	0,296	0,185
Norte	1	0,65	0,025	0,016

Tabla 2.20 Factor solar equivalente de las zonas acristaladas

Estos valores del factor solar equivalente serán utilizados en el LIDER con el objetivo de simplificar la geometría de los elementos de sombra externos y elementos de sombra del propio edificio. De esta forma, únicamente se dibujará en el programa la geometría de forma simplificada, sin necesidad de dibujar la montaña, el edificio exterior y la cubierta con las diferentes inclinaciones, elementos de gran afectación en la zona acristalada. Dibujar con el LIDER todos estos elementos dificultaría muchísimo el diseño y simulación del edificio de estudio.

*Composición del acristalamiento:*

Solución: obva001 PARED DE VIDRIO

Materiales							
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	R	$\mu$	g	Tipo
V1	ISOLAR NEUTRALUX		1.7000			0.6500	Vidrio: Dobles bajo emisivos 0.1-0.2 en posición vertical
c_pvv01	VER_PVC dos cámaras		2.2000				Marco: De PVC en posición vertical

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 1,775 W/m<sup>2</sup>K

Tabla 2.21 composición del los acristalamientos

Al ser un clima frío, el acristalamiento propuesto será bajo emisivo, consiguiendo menores pérdidas del calor generado en el local, debido a que reduce en gran medida las pérdidas por radiación, reflejando la mayor parte de esta energía hacia el interior del local.

### 2.3.2 MUROS FACHADA

Las especificaciones en cuanto a muros provenientes de arquitectura son:

Muro "IN SITU", hormigón armado 2300<d<2500 a pie de obra.

Muro de bloque hormigón 20x20x40 (RF 120/180)

Muro de bloque hormigón 15x20x40 (RF 90)

Muro de bloque hormigón 10x20x40 (RF 60)

Muro interior, Tabique de placas cartón yeso knauf 2x12,5mm por cara estructurada de 90 mm en H cada 40 cm.

En los planos EN-01 a EN-05 se muestra la tipología de muros en las diferentes fachadas que forman el edificio estudio como también las diferentes zonas acristaladas.

A partir de esta información básica necesaria para el cálculo estructural hecho por arquitectura, se acabará de componer el muro para que cumpla térmicamente.

Para el cumplimiento de normativa son dos los elementos básicos a estudiar y que servirán de partida para la posterior simulación:

- El grueso de aislamiento y su tipología
- Colocación de elementos de barreras de vapor.

El primer elemento es básico para el cumplimiento de la transmitancia térmica, calculada mediante la expresión siguiente:

<p>La transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K) viene dada por la siguiente expresión:</p> $U = \frac{1}{R_T}$ <p>siendo</p> <p><math>R_T</math> la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup> K/ W].</p>	(E.1)
--	-------

Expresión 2.3 Transmitancia térmica de los muros

Cuanto más grueso sea el aislamiento, menor será la transmitancia y de esta forma mejor aislado térmicamente.

El segundo elemento es necesario para evitar las condensaciones superficiales e intersticiales, necesario en todos los muros exteriores. Cuanto más pronunciada es la diferencia de temperaturas entre exterior e interior, mayor es la posibilidad de tener condensaciones y más necesaria se hace la colocación de estas barreras de vapor. El cálculo de la presión de vapor de saturación en función de la temperatura ( $\theta$ ) se hace mediante la expresión:

$$P_{\text{sat}} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}}$$

Expresión 2.4 distribución de la presión de vapor de saturación

El cálculo de presiones en la composición de los cerramientos se expresa mediante:

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

$$\dots$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$$

siendo

$P_i$	la presión de vapor del aire interior [Pa];
$P_e$	la presión de vapor del aire exterior [Pa];
$P_1 \dots P_{n-1}$	la presión de vapor en cada capa n [Pa];
$S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$	el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión [m];

Expresión 2.5 distribución de la presión de vapor de los cerramientos

Para llevar el cálculo, se ha tomado como temperatura exterior y humedad relativa exterior los valores medios mensuales de la localidad y una temperatura interior de 20 °C. (Según CTE-HE1)

Teniendo en cuenta los valores mínimos para el cumplimiento de normativa (mostrados en la tabla 2.18 en forma de resumen), según el clima de la localidad y la fachada de estudio, la composición de los cerramientos con los valores de aislamiento mínimo y con la colocación de una barrera de vapor serán:

**Solución: tvfa001 BLOQUE HORMIGÓN 10****1**

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	g	Tipo
c_fhc01	BH convencional espesor 100 mm	10,00	0,6250	10		Fábricas de bloque de hormigón convencional
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4,20	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,5637 W/m<sup>2</sup>K**Solución: tvfa002 BLOQUE HOMIGÓN 15****2**

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	g	Tipo
c_fhc02	BH convencional espesor 150 mm	15,00	0,7895	10		Fábricas de bloque de hormigón convencional
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4,10	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,5644 W/m<sup>2</sup>K**Solución: tvfa003 BLOQUE HORMIGÓN 20****3**

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	g	Tipo
c_fhc03	BH convencional espesor 200 mm	20,00	0,9091	10		Fábricas de bloque de hormigón convencional
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4,00	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,5662 W/m<sup>2</sup>K**Solución: tvfa004 IN SITU****4**

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	g	Tipo
c_hor01	Hormigón armado 2300 < d < 2500	15,00	2,3000	80		Hormigones
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4,50	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,5631 W/m<sup>2</sup>K

Tabla 2.21 Composiciones de los diferentes muros del edificio

Siendo el espesor [cm],  $\lambda$  la conductividad térmica [W/mK],  $\mu$  la resistencia al vapor [MN s/g] y g el factor solar. En todas estas composiciones el valor del coeficiente de transmisión (U) es más pequeño que el requerido por normativa. ( $U < U_{\min}$ )

Se ha introducido también mortero de cemento introducido entre el aislante y hormigón, para uniformar la correcta colocación del aislante. La capa o enlucido de yeso colocado al final del



cerramiento es con fines estéticos, no tiene ninguna aportación térmica. Su sustitución por otro material de características similares tendría una repercusión despreciable.

Con la colocación de una lámina fina de aluminio de 1mm de espesor, es suficiente para evitar condensaciones, los resultados en las diferentes capas de los muros ha sido:

Cerramientos, particiones interiores, puentes térmicos											
Tipos		P <sub>n</sub> ≤ P <sub>sat,n</sub>	C. intersticiales								
			Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Capa 8	Capa 9
tvfa001	BLOQUE HORMIGÓN 10	P <sub>sat,n</sub>	449.83	540.12	545.72	1946.83	1954.13	2092.93			
		P <sub>n</sub>	322.14	340.96	341.90	342.69	1283.82	1285.32			
		[Pa]									
tvfa002	BLOQUE HOMIGÓN 15	P <sub>sat,n</sub>	449.86	558.97	564.75	1946.43	1953.74	2092.70			
		P <sub>n</sub>	322.14	350.10	351.03	351.80	1283.83	1285.32			
		[Pa]									
tvfa003	BLOQUE HORMIGÓN 20	P <sub>sat,n</sub>	449.89	578.45	584.42	1945.89	1953.21	2092.31			
		P <sub>n</sub>	322.14	359.07	359.99	360.73	1283.85	1285.32			
		[Pa]									
tvfa004	IN SITU	P <sub>sat,n</sub>	449.81	484.77	489.83	1947.22	1954.52	2093.17			
		P <sub>n</sub>	322.14	508.04	508.81	509.51	1284.08	1285.32			
		[Pa]									

Tabla 2.22 Comprobación de condensaciones en los muros

Se puede observar como en ningún momento las distribuciones de presiones supera a la presión de saturación (siempre  $P_n < P_{sat}$ ), de esta forma, no se producirán condensaciones dentro de los diferentes muros.

### 2.3.3 CUBIERTAS

En este caso la transmitancia máxima será de  $0,35 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . A diferencia con el caso anterior, la tipología de aislamiento será diferente, en este caso es necesario que tenga más rigidez para poder aguantar estructuralmente sin perder sus propiedades. Por requerimiento de arquitectura, la última capa del cerramiento ha de ser de Zinc.

Las características mínimas serán:

Solución: cobe001 CUBIERTA

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	g	Tipo
c_met15	Zinc	2,00	110,0000			Metales
c_fou18	FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	30,00	1,4286	80		Forjados unidireccionales
c_ais18	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/(mK)]	8,50	0,0340	100		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_enl01	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	2,00	0,5700	6		Enlucidos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN:  $0,3482 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Tabla 2.23 Composición de la cubierta

Con la colocación de 1mm de aluminio como barrera de vapor, las distribuciones de presiones de vapor son:

Cerramientos, particiones interiores, puentes térmicos											
Tipos		$P_n \leq P_{sat,n}$	C. intersticiales								
			Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Capa 8	Capa 9
cobe001	CUBIERTA	$P_{sat,n}$	441.92	441.98	512.59	2173.29	2178.24	2218.54			
		$P_n$	322.14	322.14	601.93	701.03	1283.92	1285.32			
		[Pa]									

Tabla 2.24 Comprobación de las condensaciones en la cubierta

En ningún momento  $P_n > P_{sat}$ , de esta forma, no se producirán condensaciones.

## 2.3.4 SUELOS

En este caso la transmitancia máxima posible será de  $0.48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

En los forjados no habrá transmitancia límite al no pertenecer a la envolvente del edificio. De esta forma para el cumplimiento de normativa la colocación de aislamiento o barreras de vapor no sería necesaria. Sus composiciones mínimas serán:

Solución: thct003 SUELO

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_pes02	Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,00	2,0000	50		Pétreos y suelos
c_hor05	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	20,00	1,6500	70		Hormigones
c_bit03	Betún fieltro o lámina	0,50	0,2300	50000		Bituminosos
c_ais18	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/[mK]]	6,50	0,0340	100		Aislantes
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_cer03	Plaqueta o baldosa de gres	2,00	2,3000	30		Cerámicos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,478W/m<sup>2</sup>K

Solución: thct002 FORJADO

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_fou14	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 250 mm	25,00	1,0638	6		Forjados unidireccionales
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_cer03	Plaqueta o baldosa de gres	2,00	2,3000	30		Cerámicos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 1,243W/m<sup>2</sup>K

Tabla 2.25 Composición de los suelos

En los forjados, al utilizar suelo radiante para llevar a cabo la calefacción del edificio, se colocará aislamiento para su buen funcionamiento, pero a efectos de cumplir con la normativa, al no ser parte de la envolvente del edificio, no tendrá valor límite de transmitancia térmica. Es necesario entrar sus valores en el LIDER para la validación del conjunto.

La distribución de presiones en el suelo con esta composición será:

Cerramientos, particiones interiores, puentes térmicos											
Tipos		P <sub>n</sub> ≤ P <sub>sat,n</sub>	C. intersticiales								
			Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	Capa 8	Capa 9
c_thct001	SUELO	P <sub>sat,n</sub>	443.86	447.51	493.99	495.74	2371.00	2381.13	2393.51		
		P <sub>n</sub>	322.14	335.22	518.31	1172.20	1276.82	1277.48	1285.32		
		[Pa]									

Tabla 2.26 Comprobación de las condensaciones en los suelos.

En ningún momento  $P_n > P_{sat}$ , de esta forma, no se producirán condensaciones.

### 3 DEFINICIÓN DEL ENVOLVENTE

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Hay dos procesos para el cumplimiento de la normativa: la **opción general** y la **opción simplificada**. Esta última es únicamente comprobando los valores límite de los cerramientos y una vez validados y con el objetivo de calificar el edificio, hay que ajustar las instalaciones a unas tablas descriptivas para alcanzar como máximo la letra D o E. En este proyecto se utilizará la opción general por los siguientes motivos:

- El porcentaje de huecos en varias fachadas supera el 60% de su superficie de fachada, en este caso la opción general se hace de obligado cumplimiento (según CTE-HE1)
- Se llevará a cabo la calificación para obtener el valor que le pertenezca realmente al edificio de estudio, de la A a la G.

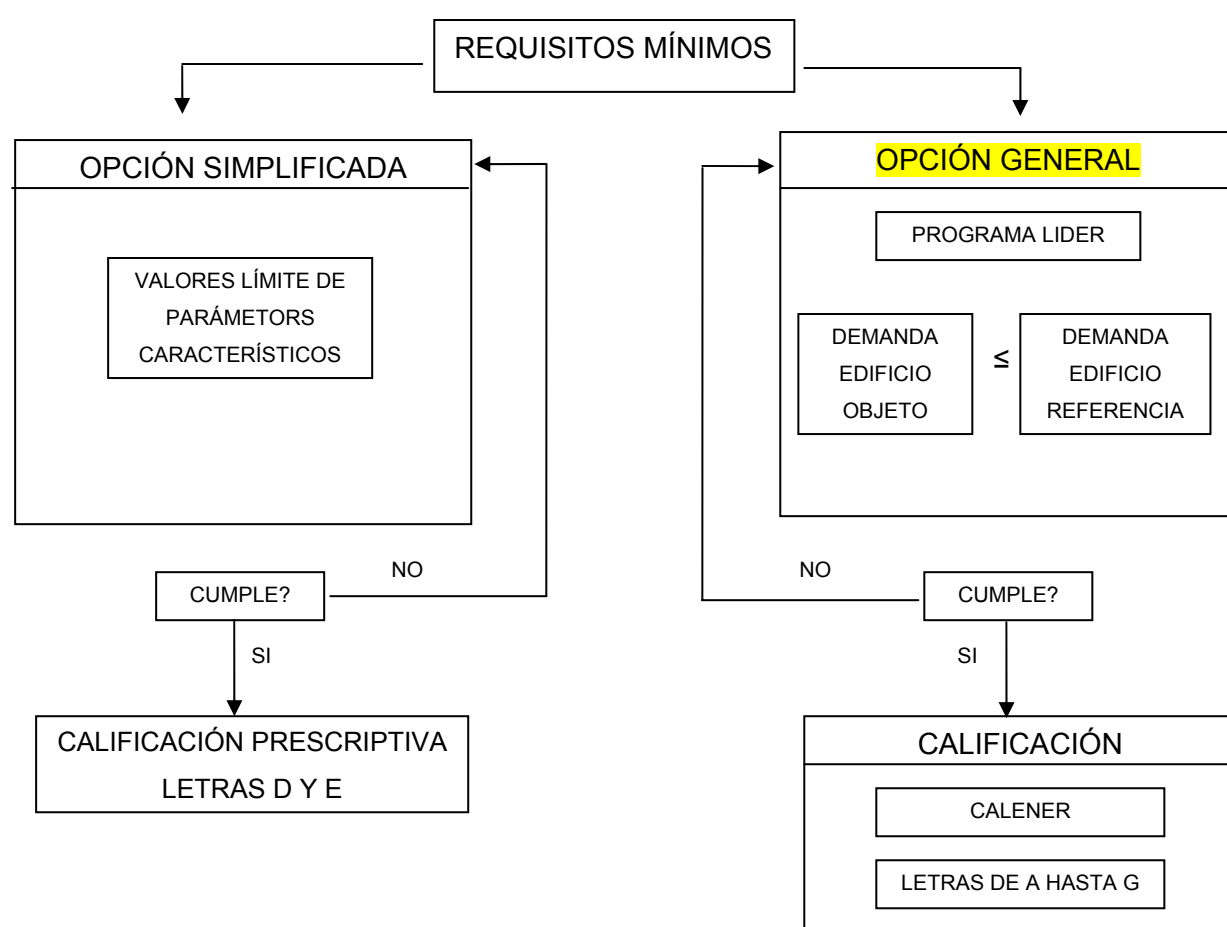


Fig. 3.1 Vías para el cumplimiento de normativa

El programa de simulación LIDER, además de verificar los valores mínimos de las transmitancias y condensaciones determinadas en el estudio previo, comprueba:

- Las demandas energéticas de calefacción y refrigeración de la envolvente térmica del edificio de estudio. Estas demandas serán de utilización posteriormente para la calificación, tal y como establece la Directiva 2002/91/CE.
- La humedad relativa media mensual en la superficie interior que sea inferior al 80% para controlar las condensaciones superficiales.
- El cumplimiento de las limitaciones de permeabilidad al aire de las carpinterías de los huecos.

Para verificar todos estos factores, tiene en cuenta la radiación solar según orientaciones, sombras producidas por elementos externos y por obstáculos de la fachada como voladizos, ganancias y pérdidas por *conducción*<sup>24)</sup> a través de los cerramientos, *puentes térmicos*<sup>25)</sup>, ventilación en renovaciones/hora y acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentran a diferente *nivel térmico*<sup>26)</sup>.

### 3.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño del edificio de estudio han sido:

- Criterios de zonificación: Se ha llevado a cabo la zonificación según características térmicas parecidas, no local a local debido a que dificultaría mucho el cálculo como también el tiempo de trabajo. Cada una de estas zonas formada por uno o varios locales recibe el nombre de espacio.  
Dentro de cada espacio se distinguen entre *no habitables*<sup>27)</sup> y *habitables*<sup>28)</sup>, y dentro de este último entre *acondicionado*<sup>29)</sup> y *no acondicionado*<sup>30)</sup>. El programa muestra los resultados finales en forma global, es decir del edificio en conjunto, o de cada espacio. (En el Anexo D se observa que conjunto de local(es) pertenecen a cada espacio).
- No se han dibujado los elementos externos al edificio, se introducirá el factor solar equivalente de cada superficie acristalada de acuerdo con el estudio del envolvente realizado.
- Se insertarán en el programa para la posterior simulación los cerramientos encontrados en el estudio previo pero aumentando un poco el aislamiento debido a que no se encuentran en el mercado valores hechos a medida o por requerimientos del cliente.
- En el caso de la cubierta el grosor será mayor puesto que se reforzará térmicamente.

- El uso del edificio de estudio se ha considerado de 8h diarias, divididas en intensidades baja, media o alta dependiendo de la cantidad de calor disipada en el interior de la zona, debido a la actividad realizada.
- Las renovaciones hora se escogerán dependiendo de la actividad del espacio según marca a UNE-EN 13779.

El hecho de haber llevado a cabo el estudio previo del envolvente, tanto de cerramientos semitransparentes como opaco ha servido para ahorrar tiempo de trabajo además de facilitar la sencillez de la geometría. Se podría haber omitido el estudio previo y haber empezado desde cero la simulación, dibujando todos los elementos exteriores (muy difícil de representar las montañas en este programa), e ir simulando el edificio variando la composición de los diferentes cerramientos hasta su cumplimiento. Este proceso, también válido, en este caso resultaría muy laborioso y se perdería mucho tiempo de trabajo, debido a que el tiempo de cada simulación es relativamente elevado.

### 3.3 COMPOSICIÓN

La composición final de los cerramientos, una vez simulado el edificio, son:

Solución: tvfa001 BLOQUE HORMIGÓN 10

1

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	g	Tipo
c_fhc01	BH convencional espesor 100 mm	10,00	0,6250	10		Fábricas de bloque de hormigón convencional
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	5,00	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,4925W/m<sup>2</sup>K

Solución: tvfa002 BLOQUE HOMIGÓN 15

2

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	g	Tipo
c_fhc02	BH convencional espesor 150 mm	15,00	0,7895	10		Fábricas de bloque de hormigón convencional
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	5,00	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,4894 W/m<sup>2</sup>K

Solución: tvfa003 BLOQUE HORMIGÓN 20

3

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_fhc03	BH convencional espesor 200 mm	20,00	0,9091	10		Fábricas de bloque de hormigón convencional
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	5,00	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,4842 W/m<sup>2</sup>K

Solución: tvfa004 IN SITU

4

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_hor01	Hormigón armado 2300 < d < 2500	15,00	2,3000	80		Hormigones
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	5,00	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	2,00	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,5225 W/m<sup>2</sup>K

Solución: thct003 SUELO

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_pes02	Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,00	2,0000	50		Pétreos y suelos
c_hor05	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	20,00	1,6500	70		Hormigones
c_bit03	Betún fieltro o lámina	0,50	0,2300	50000		Bituminosos
c_ais18	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034 W/(mK)]	7,00	0,0340	100		Aislantes
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_cer03	Plaqueta o baldosa de gres	2,00	2,3000	30		Cerámicos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,41W/m<sup>2</sup>K

Solución: thct002 FORJADO

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_fou14	FU Entrevigado de hormigón aligerado -Canto 250 mm	25,00	1,0638	6		Forjados unidireccionales
c_mor02	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	0,50	0,5500	10		Morteros
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	6,50	0,0310	1		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_cer03	Plaqueta o baldosa de gres	2,00	2,3000	30		Cerámicos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,44 W/m<sup>2</sup>K

**Solución: cobe001 CUBIERTA**

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_met15	Zinc	2,00	110,0000			Metales
c_fou18	FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	30,00	1,4286	80		Forjados unidireccionales
c_ais18	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [ 0.034 W/[mK]]	10,00	0,0340	100		Aislantes
c_met03	Aluminio	0,10	230,0000	50000		Metales
c_enl01	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	2,00	0,5700	6		Enlucidos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,3006 W/m<sup>2</sup>K**Solución: tvpi001 PARED INTERIOR PLADUR****5**

Materiales						
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	$\mu$	$g$	Tipo
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1,25	0,2500	4		Yesos
c_ais06	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	4,50	0,0310	1		Aislantes
c_yes01	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	1,25	0,2500	4		Yesos

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 0,58 W/m<sup>2</sup>K**Solución: obva001 PARED DE VIDRIO**

Materiales							
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	R	$\mu$	$g$	Tipo
V1	ISOLAR NEUTRALUX		1.7000			0.6500	Vidrio: Dobles bajo emisivos 0.1-0.2 en posición vertical
c_pvv01	VER_PVC dos cámaras		2.2000				Marco: De PVC en posición vertical

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 1,775 W/m<sup>2</sup>K**Solución: obva002 U-GLASS**

Materiales							
Código	Detalle	Espesor	$\lambda$	R	$\mu$	g	Tipo
V2	U-GLASS		2.2000			0.8000	Vidrio: Dobles bajo emisivos 0.1-0.2 en posición vertical
c_pvv01	VER_PVC dos cámaras		2.2000				Marco: De PVC en posición vertical

COEFICIENTE U DE TRANSMISIÓN: 2,25 W/m<sup>2</sup>K

Tabla 3.1 Composiciones de los diferentes cerramientos del edificio de estudio

### 3.4 RESULTADOS

Con los cerramientos descritos anteriormente, los resultados obtenidos en el programa de simulación LIDER son:



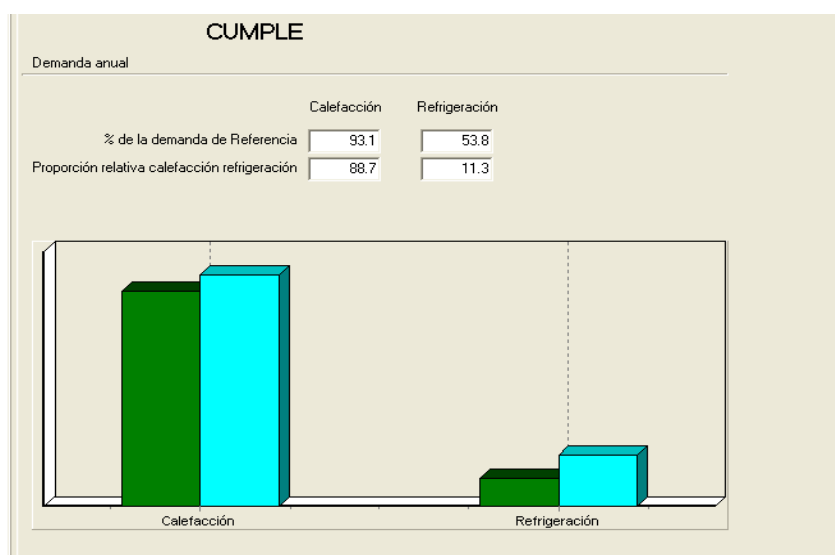


Fig. 3.2 Resultados del LIDER

Se muestra la comparación entre la *demanda de calefacción*<sup>31)</sup> y *demanda de refrigeración*<sup>32)</sup> del edificio objeto con el de referencia, en porcentaje y en un diagrama de barras. Los valores del edificio objeto tienen que ser inferiores o iguales al de referencia. Este edificio de referencia creado por el programa cumple con las mínimas exigencias a las que ha de cumplir el edificio de estudio, y tiene las siguientes características:

- Misma forma y tamaño que el edificio objeto.
- Misma zonificación interior.
- Los mismos obstáculos remotos
- Unas calidades constructivas de los componentes de fachada, suelo y cubierta, por un lado, y por el otro, unos elementos de sombra que garanticen el cumplimiento de los valores límite expuestos en la sección HE1 del CTE.

Para llevar a cabo el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio objeto, se ha hecho el cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio en todos los meses del año, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitudes exteriores e interiores y considerando los efectos de la masa térmica.

Si se analizan los resultados del LIDER de forma general, tal y como muestran los diagramas de barras, se obtiene la siguiente información:

- El edificio de estudio se encuentra a un 93,1 % de demanda de calefacción respecto a la demanda de calefacción del edificio de referencia (que es el 100%). Esto significa que el edificio objeto cumple con la demanda de calefacción con un margen del 6,9%. El hecho de tener en los cerramientos un aislante térmico superior al mínimo exigido favorece a reducir la demanda de calefacción, aunque en este caso, la poca radiación solar que penetra en invierno perjudique a todas las fachadas exceptuando la norte del edificio, debido a los elementos externos de sombra por un lado y a la selección de un cristal con un factor solar relativamente pequeño por el otro.
- En cuanto a la demanda de refrigeración, se cumple sobradamente, al estar a un 53,8 % respecto al edificio de referencia. En este caso la poca radiación incidente que penetra en el edificio en verano favorece a la demanda de refrigeración, se evita la entrada de radiación en verano, y en consecuencia el sobrecalentamiento del edificio.
- De toda la energía necesaria para mantener una temperatura constante de confort, el 88,7% será de calefacción mientras que el 11,3% será de climatización. Estos valores son muy coherentes al estar hablando de un edificio con un clima de alta montaña, es decir, un clima mayoritariamente frío.

El programa también muestra los resultados de cada uno de los espacios creados que forman el edificio. (Ver anexo D para conocer la zona correspondiente a cada local(s)).

Los resultados que muestra el programa son:

- Porcentaje de la demanda relativa de cada uno de los espacios comparando su valor con el valor de la demanda de la zona más desfavorable de entre todas las posibles del edificio objeto. Los resultados de la planta baja son:

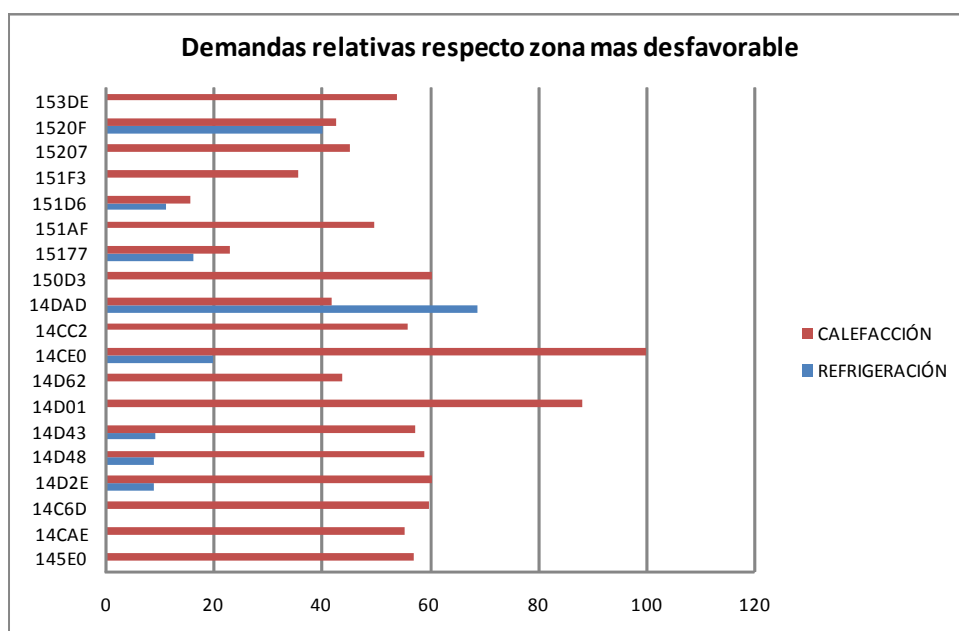


Fig 3.3 Gráfica de las demandas relativas respecto la zona más desfavorable del edificio

Con esta información se da a conocer cuáles son los locales con más demanda, tanto de calefacción y refrigeración, siendo el local con un 100% el de más demanda. En esta planta se encuentra el local con más demanda de calefacción de todos los locales del edificio. (Vestíbulo oficina).

- Porcentaje de la demanda relativa de cada uno de los espacios comparando su valor con el valor de los mismos espacios generados en el edificio de referencia. Los resultados de la planta baja son:

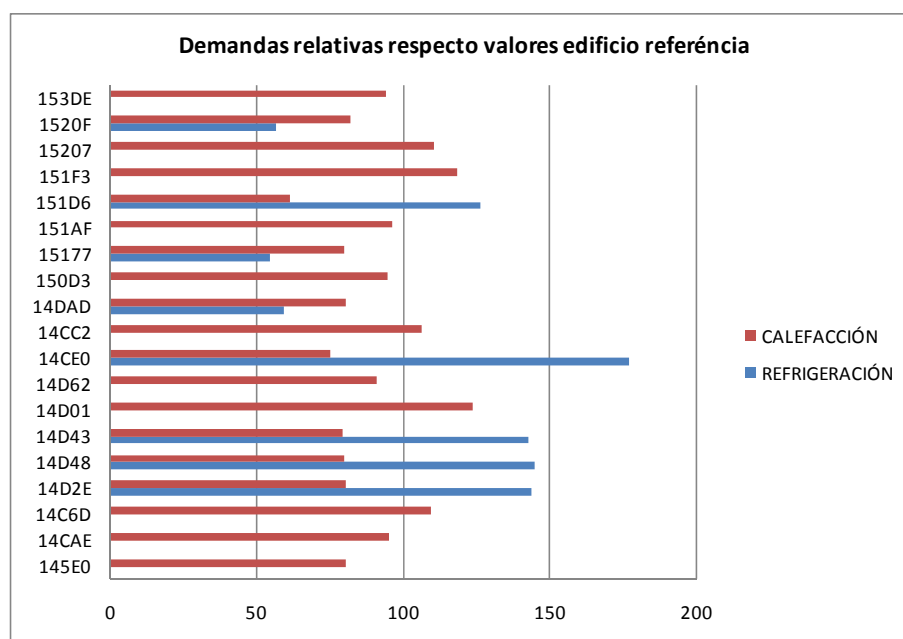


Fig 3.4 Gráfica de las demandas relativas respecto las zonas del edificio de referencia

Se puede observar como hay zonas donde la demanda es superior que a la de referencia. Mientras el compute global esté dentro los rangos establecidos y los cerramientos cumplan con la normativa, no hay ningún problema.

Las gráficas para el resto de plantas pueden observarse en el anexo E.

En el anexo F se muestra el documento oficial donde se pueden observar todos los valores numéricos de los resultados del LIDER.

Debido a que la demanda de calefacción y refrigeración son inferiores a las de referencia del edificio en general, (Fig. 3.2) **cumple con la normativa de aplicación. (CTE HE1).**

Además de la verificación mediante LIDER del CTE-HE1, se han justificado las demás secciones del CTE-HE, estas son:

CTE-HE2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

CTE-HE3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

CTE-HE4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

CTE-HE5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

El documento completo para el cumplimiento de todo el Código Técnico de Ahorro de Energía es de obligada entrega para los arquitectos en su proyecto ejecutivo. (Ver anexo F).

Todos los valores en los gráficos mostrados en este capítulo, y que son mostrados en el documento oficial, son siempre en términos relativos, ya que el objetivo principal de este apartado es el cumplimiento de la normativa, y para ello, el edificio de estudio es comparado con el edificio de referencia. Aún así, es posible exportar las demandas energéticas de cada edificio, de forma anual y mensual. Estos valores serán los utilizados en el CALENER para la calificación energética.

Las demandas anuales (energía necesaria para mantener el edificio a una temperatura de confort) de los dos edificios son:

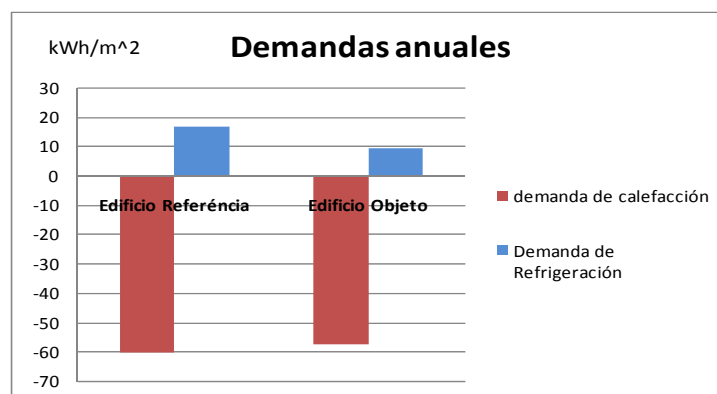


Fig. 3.5 demandas anuales edificio objeto y referencia

Hay que tener en cuenta que la actividad del edificio es de 8h diarias, evidentemente cuantas más horas de actividad diaria tenga el edificio mayor será su demanda energética.

En términos mensuales las demandas son:

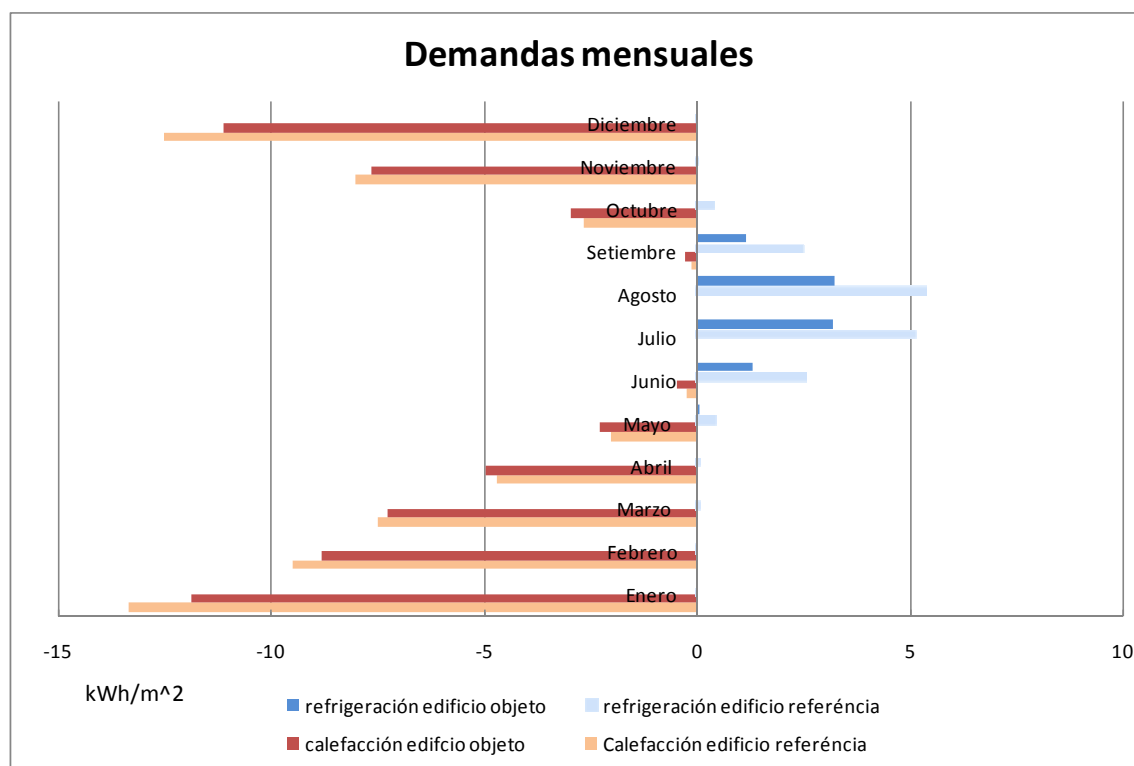


Fig. 3.6 Demandas mensuales edificio objeto y referencia

## **4 MEMORIA DE INSTALACIONES**

Se definirán todas las instalaciones que afecten a la calificación, estableciendo las condiciones técnicas y económicas de su ejecución. La normativa aplicada para su correcto funcionamiento puede observarse el Anexo G.

La realización de las instalaciones correrá a cargo de personal autorizado por los servicios de Industria, el cual será responsable del buen funcionamiento de las instalaciones así como del cumplimiento en la ejecución de los reglamentos, normas e instrucciones que le sean de aplicación.

### **4.1 INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN**

#### **4.1.1 OBJETIVO**

El objeto del presente apartado es definir las partes que componen la instalación de alumbrado, para el acondicionamiento del edificio de estudio.

#### **4.1.2 CRITERIOS DE DISEÑO**

Los criterios de diseño de la instalación de alumbrado interior serán:

- Intensidad luminosa uniforme.
- Conseguir el nivel con la potencia más baja disponible.
- Utilización de luz natural, siempre que sea posible, según valores obtenidos en estudio previo.
- La intensidad lumínica considerada en los cálculos es de 500 lux para oficinas y comercios, 200 lux para servicios y vestuarios, y 150 lux para pasillos.

La encendida se realiza mediante mecanismo y la alimentación se ha distribuido por zonas.

La distribución de las luminarias, está marcada en los planos adjuntos.

El cálculo de las intensidades lumínicas en los diferentes locales se ha llevado a cabo mediante el programa Dialux. [Ver anexo I.2].

#### **Iluminación Salas Técnicas**

Para las salas técnicas se han previsto luminarias regleta fluorescente estanca Philips de 1x58W.

### Iluminación Oficinas

Para las oficinas se han previsto luminarias Downlight de Philips SBS145 T50W/825, en pasillos regleta fluorescente estanca Philips de 1x58W y lavabos Downlight Philips QBD570.

### Iluminación de Emergencia

El alumbrado de emergencia se realiza mediante bloques autónomos de emergencia y señalización Dialux serie nova N6, de superficie para planta sótano y semi-empotrados para planta baja y primera.

Según indica la ITC-BT-28, en ningún caso los puntos de luz conectados a cada circuito serán superiores a 12.

Esta iluminación de emergencia proporciona como mínimo 1 lux en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación y 5 lux en los puntos en que están situados equipos de protección contra incendios de utilización manual y/o cuadros de distribución del alumbrado, suministrando estos niveles de iluminación como mínimo durante 1 hora.

#### **4.1.3 CONTROL DE ILUMINACIÓN NATURAL**

En aquellas zonas en las que el aporte de luz natural sea suficiente, se realizará una regulación de las luminarias en función de la luz natural disponible que repercutirá en el confort del usuario así como en un importante ahorro energético. El procesador de luz será el encargado de ajustar los valores de iluminación de cada una de las salidas del sistema en función de las variaciones de la luz natural recogidas por el sensor ubicado en la cubierta del edificio.

El sistema de control permitirá la creación de una curva característica de control para cada una de las salidas regulables que utilizará para calcular en cada momento el valor de salida necesario para mantener unos niveles de iluminación constantes en el recinto pese a las variaciones normales de iluminación natural en el exterior.

Para las salidas por relé del sistema, se podrá definir una histéresis que determinará en que valores de luz natural exterior se producirá el cambio de estado del relé. Para realizar la programación de la curva de control se grabarán en el sistema dos puntos con una luminosidad exterior dispar, uno con mucha aporte de luz natural y otro con aporte casi nulo, en cada una de estas circunstancias se regularán las salidas correspondientes a las luminarias del recinto en cuestión de manera que la suma de luz artificial y natural se corresponda con el nivel constante deseado en dicha ubicación. Una vez guardados los puntos el sistema calculará una recta que los contenga y la utilizará para ajustar en cada momento el valor de la salida para los datos de iluminación exterior recogidos por el sensor exterior.

El usuario en todo momento podrá realizar variaciones sobre el valor de las luminarias aunque estén siendo controladas automáticamente por el sistema, se definirá el tiempo que tardará la

instalación en volver al funcionamiento automático después de una intervención manual sobre la misma.

#### Control de las luminarias:

Todas las luminarias controladas a través de comunicación DALI (regulación punto a punto) serán luminarias fluorescentes, según los criterios establecidos. Toda comunicación entre los módulos de salida y los balastos electrónicos para el accionamiento de las luminarias fluorescentes se realizarán a través de una señal digital DALI que proporcionará el valor adecuado en cada caso a la luminaria. A través de esta señal digital se regularán las luminarias a lo largo de un margen mínimo 1%-3% al 100%, dependiendo del tipo de lámpara. La utilización de esta señal digital permitirá una regulación constante incluso en bajos niveles de luminosidad sin producir parpadeos en la luminaria. La comunicación entre la salida digital y los balastos electrónicos para fluorescencias será bidireccional de manera que el balasto podrá enviar errores de lámpara al sistema. Las conexiones de la línea DALI no tendrán polaridad.

Todos los módulos con salida DALI para el control de luminarias dispondrán de un servicio de vigilancia de sus salidas de manera que serán capaces de enviar códigos de error al sistema en el caso de malfuncionamiento, como por ejemplo cortocircuitos en la línea DALI, abertura de la línea, fallos de lámpara enviados por los balastos digitales para fluorescencias, etc.

Existirán módulos de salida DALI con uno o varios canales, cada canal será totalmente independiente de los otros disponibles en el módulo si los hubiera y en cada uno de ellos se podrán conectar un máximo de 64 luminarias sobre una longitud máxima de 300m. Cada una de las luminarias conectada a la línea DALI, cada luminaria conectada a cualquier línea DALI se podrá regular de forma totalmente individualizada. El cable que se utilizará será totalmente estándar de mercado H 05 VV-U 2 x 0,75 ó H 05 VV-U 2 x 1,5 cables bipolares trenzados.

Todas las luminarias controladas a través de comunicación DSI serán luminarias no fluorescentes (transformadores electrónicos y reguladores fásicos), según los criterios establecidos. A través de esta señal digital se regularán las luminarias a lo largo de un margen del 1%-3% al 100% de la luminosidad, dependiendo del tipo de lámpara. La utilización de esta señal digital permitirá una regulación constante incluso en bajos niveles de luminosidad sin producir parpadeos en la luminaria. Las conexiones de la línea DSI no tendrán polaridad, lo que permitirá realizar los trabajos de cableado más rápidamente y eliminará posibles fallos en los mismos.

Todos los módulos con salida DSI (regulación por zonas) para el control de luminarias dispondrán de un servicio de vigilancia de sus salidas de manera que serán capaces de enviar códigos de error al sistema en el caso de malfuncionamiento, como por ejemplo cortocircuitos en la línea DSI, abertura de la línea, etc.



Existirán módulos de salida DSI de varios canales, cada canal será totalmente independiente de los otros disponibles en el módulo y cada uno de ellos recibirá un direccionamiento según se comentó en apartados anteriores del presente estudio, esto implicará que todos los elementos de control de luminarias conectados al mismo canal DSI se regularán simultáneamente.

Se tendrá una limitación máxima de 100 elementos de control por línea y una longitud máxima de la misma de 250m. El cable que se utilizará será totalmente estándar de mercado H 05 VV-U 2 x 0,75 ó H 05 VV-U 2 x 1,5 cables bipolares trenzados.

## **4.2 INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN**

### **4.2.1 OBJETIVO**

El objeto de este apartado es el diseño de la instalación de ventilación, exponiendo los cálculos (Anexo H.1) pertinentes para el correcto funcionamiento y cumplimiento de la reglamentación vigente.

### **4.2.2 JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS**

Se incluyen adjuntos los cálculos de dimensionado de los diversos conductos que forman la instalación de ventilación.

En los planos y el presupuesto figuran los modelos de los equipos que se han obtenido después de llevar a cabo los cálculos pertinentes.

### **4.2.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

Hay que destacar tres sistemas de ventilación bien diferenciados:

- Aseos
- Zona comercial y oficinas.
- Almacenes y salas técnicas

Para el diseño de los caudales de ventilación se partirá de la normativa descrita en el RITE. La tabla con los criterios adoptados puede observarse en el apartado “caudales de ventilación” [Anexo E]. Los valores de los caudales de ventilación ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) para cada sistema, mostrados según circuitos de zona norte o sur son:

	Aseos		Zona comercial y oficinas		Almacenes y salas técnicas
	zona norte	zona sur	zona norte	zona sur	zona norte
Planta sótano	540	-	-	-	880
Planta baja	162	1802	365	4118	347
Planta primera	390	978	5191	2359	311

Tabla 4.1 Caudales de ventilación

### ASEOS

Se realizará sólo extracción, excepto en los lavabos públicos de planta baja que se realizará una aportación para evitar un punto de depresión muy grande. El aire aportado será tratado con un recuperador y una batería de calentamiento.

Según se indica en planos adjuntos cuando los conductos atraviesan diferentes sectores de incendio, se prevé la instalación de compuertas corta fuegos RF de resistencia al fuego según los paramentos estructurales, equipadas con fusible térmico bimetálico e interruptor final de carrera para indicación de compuerta abierta / cerrada y con servomotor Belimo de 220V, conectadas a la instalación de detección prevista.

Se han previsto los conductos de retorno en plancha y resistentes al fuego del tipo 400 °C/90 min.

### ALMACENES Y SALAS TÉCNICAS

Se llevará a cabo una instalación de ventilación forzada con un pequeño caudal de aportación a través de un recuperador a dos tubos con batería de calor, de esta forma la aportación de aire entrará a las diferentes salas a una temperatura aproximada de 18 °C.

La extracción de aire de éstas dependencias se realiza directamente desde compuertas cortafuegos conectadas a una red de conductos de plancha galvanizada y mediante un extractor SODECA que impulsará el aire hacia el exterior mediante una reja de intemperie.

Según se indica en planos adjuntos cuando los conductos atraviesan diferentes sectores de incendio, se prevé la instalación de compuertas corta fuegos RF de resistencia al fuego según los paramentos estructurales, equipadas con fusible térmico bimetálico e interruptor final de carrera para indicación de compuerta abierta / cerrada y con servomotor Belimo de 220V, conectadas a la instalación de detección prevista.

Se diseñará el sistema para que cuando la central de incendios detecte fuego se interrumpa la alimentación eléctrica a los ventiladores de las zonas afectadas.

### COMERCIAL Y OFICINAS

El aire se renovará de forma frecuente ya que mejorando la ventilación se ayuda, además de un agradable bienestar, a evitar en parte el problema de la electricidad estática.

Se realizará una instalación de ventilación forzada a través de dos climatizadores, uno en la zona norte y otro en la zona sur, situados en los altillos técnicos, de esta forma la aportación de aire en ambos circuitos entrará a los locales a una temperatura aproximada de 21 °C.

Según se indica en planos adjuntos cuando los conductos atraviesan diferentes sectores de incendio, se prevé la instalación de compuertas corta fuegos RF de resistencia al fuego según los paramentos estructurales, equipadas con fusible térmico bimetálico e interruptor final de carrera para indicación de compuerta abierta / cerrada y con servomotor Belimo de 220V, conectadas a la instalación de detección prevista.

Se diseñará el sistema para que cuando la central de incendios detecte fuego se interrumpa la alimentación eléctrica a los ventiladores de impulsión de los climatizadores y sólo funcione la extracción para una mejor evacuación de los humos. Solamente será posible cuando el fuego no afecte directamente a la zona por donde se extrae el aire.

De esta manera se ha previsto los conductos de retorno en plancha y resistentes al fuego del tipo 400 °C/90 min.

#### 4.2.4 DIFUSIÓN DE AIRE

La difusión del aire primario se realizará con difusores rotacionales y rejillas lineales, las características se detallan continuación.

CARACTERÍSTICAS GENERALES			CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
REF.	DESCRIP. / ZONA	MARCA / MODELO	CAUD. AIRE (m³/h)	PERD. CARGA (mmca)	POT. SON. (dBA)
DR13.1	DIFUSOR RADIAL ROTACIONAL	SCHAKO DQJ-SR 600	600	2,6	35
DL13.1	DIFUSOR LINEAL	SCHAKO DSX-P2-Z	90	1,1	25

Tabla 4.2 Características de los difusores

CARACTERÍSTICAS GENERALES			CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
REF.	DESCRIP. / ZONA	MARCA / MODELO	CAUD. AIRE (m³/h)	PERD. CARGA (mmca)	POT. SON. (dBA)
R13.1	REJILLA LINEAL	SCHAKO / PA 325/125	350	1,4	< 35
R13.2	REJILLA LINEAL	SCHAKO / PA 1025/125	1200	1,4	< 35

R13.3	REJILLA LINEAL	SCHAKO DAL45	3000	2	< 35
-------	----------------	-----------------	------	---	------

Tabla 4.3 Características de las rejillas

## 4.3 INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

### 4.3.1 OBJETIVO

El objeto de este apartado es especificar las partes que componen la instalación de climatización necesaria para el acondicionamiento del edificio de estudio. También exponer las condiciones técnicas y económicas, efectuando los cálculos (Anexo H.2) que justifiquen las soluciones adoptadas.

### 4.3.2 JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

Debido a la inactividad del edificio durante los meses de verano (julio y agosto), se ha desestimado la implantación de una instalación de climatización de frío.

Se incluyen adjuntos los cálculos de cargas térmicas de todas las zonas climatizadas. El cálculo se ha realizado mediante el programa de simulación AX3000 para una mejor optimización del diseño.

Este programa tiene en cuenta los siguientes factores:

- Tipologías de cerramientos para la evaluación de sus respectivas pérdidas térmicas.
- La zona climática de estudio, con sus respectivos niveles de radiación solar y temperaturas.
- Infiltraciones.
- Masas térmicas entre locales.
- Renovaciones de aire
- La influencia de las sombras exteriores y las del propio edificio.

En los planos y el presupuesto figuran los modelos de los equipos que se han obtenido después de llevar a cabo los cálculos pertinentes.

### 4.3.3 CONDICIONES DE TEMPERATURA

Según normas UNE 100 – 011-91 la temperatura interior de cálculo se debe de considerar entre 24°C y 18°C.

En este proyecto se han considerado las siguientes temperaturas de confort según la zona tratada:

	Invierno
Salas técnicas	15 °C + / - 1 °C
Lavabos y zonas de paso	18 °C + / - 1 °C
Clientes y despachos	21 °C + / - 1 °C

Tabla 4.4 Condiciones de confort invernales

La temperatura exterior de cálculo más desfavorable considerada en el período de invierno ha sido de - 10 °C.

Para mantener los niveles de vibración por debajo de un nivel aceptable, los equipos y las conducciones se aislarán de los elementos estructurales del edificio, según se indica en la norma UNE 100153 y la instrucción ITE 02.2.3.2.

#### 4.3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Dadas las características constructivas del edificio y al uso al que se destinará, se ha diseñado una instalación de climatización acorde con el funcionamiento de cada sala y que ofrezca las máximas ventajas de confort térmico, de ahorro energético y de flexibilidad al nivel de producción de calor de cada sala.

Se ha implementado un único sistema de climatización donde las zonas de clientes y zonas de circulación se calefactarán con suelo radiante.

De acuerdo con los cálculos de cargas térmicas llevadas a cabo mediante el programa de simulación energética AX3000 que se reflejan en las hojas de cálculo, se diseñará la instalación de climatización.

#### CIRCUITO DE PRODUCCION DE AGUA CALIENTE

##### *Caldera:*

Estará formada por una caldera VIESSMANN situada en la planta segunda en la sala de calderas (ver planos) y de características mostradas a continuación:

\*quemador de radiación Matrix. Con superficies de transmisión vertical Inox-Crossal, con dos conexiones de retorno. Rendimiento estacional de hasta el 109%, presión máx. 4 bar. Vitotronic 100 mod. GC1, para el funcionamiento a temperatura constante o para el servicio en función de la temperatura exterior en combinación con una regulación externa.

Irà alimentada con gas natural.

**SALA DE MÁQUINAS**

Las indicaciones de seguridad en salas de máquinas se realizarán de acuerdo con la ITE 02.15.

Las instalaciones de calderas para calefacción y/o ACS con “potencia útil” superior a 70 kW que utilicen combustibles gaseosos cumplirán particularmente lo dispuesto en UNE 60601 y en las disposiciones vigentes sobre instalaciones receptoras de gas.

En la sala de máquinas se dispondrá el código de colores, junto al esquema de principio de instalación, según dispone la ITE 05.

En instalaciones de potencia térmica superior a 70 kW, el equipamiento mínimo de aparatos de medición, indicadores o registradores, será el siguiente:

- a) colectores de retorno: un termómetro
- b) vasos de expansión cerrados: un manómetro
- c) chimeneas: un pirómetro (o pirostato con indicador)
- d) intercambiadores de maquinaria frigorífica: un manómetro para lectura diferencial
- e) circuitos secundarios de distribución de un fluido portador: un termómetro dispuesto en la impulsión y otro en el retorno
- f) bombas: un manómetro para lectura diferencial
- g) válvulas automáticas: dos tomas para la medida de la pérdida de presión
- h) unidades de tratamiento de aire: un termómetro de capilar dispuesto en cada sección en la que tenga lugar una variación de temperatura, otro en la entrada del aire de retorno y otro en la salida del aire de impulsión.

***Chimeneas:***

Los conductos de humos se utilizarán exclusivamente para la evacuación de los productos de la combustión generada por los equipos contemplados en este reglamento, y su diseño se efectuará a partir del caudal previsible.

Se considera adecuado el diseño de las chimeneas y conductos de humos para la evacuación al exterior de los productos de la combustión de los generadores de calor realizado según la norma UNE 123001.

***Tipo de regulación del quemador:***

Potencia del generador de calor (kW)	Tipo de regulación del quemador
$P \leq 70$	una marcha ( todo-nada )

$70 < P < 400$	dos marchas (todo-poco-nada)
$400 \leq P$	Tres marchas o modulante

Tabla 4.5 Condiciones de confort invernales

**CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA***Distribución Interior:*

Formado por una red de tuberías que distribuirán el agua caliente desde los colectores hasta llegar a los elementos de climatización mediante unas bombas circuladoras. Habrá un total de dos circuitos: uno para alimentar los diferentes colectores de suelo radiante y otro para los climatizadores de aire primario (2 climatizadores + recuperador). En los planos adjuntos se muestran los circuitos en el correspondiente esquema de principio.

Tanto los colectores como todas las tuberías de la producción se realizaran de acero negro sin soldadura, DIN 2448 ST 38, aisladas con ARMAFLEX. Sus dimensiones vendrán reflejadas en los planos.

El espesor del aislamiento se ha dimensionado según RITE, tablas indicadas en ITE 03.12 Apéndice 03.1, punto 2 *Espesores Mínimos*.

Todos los ramales de cada planta llevaran válvulas de corte seccionadoras, las de retorno serán, aparte de regulación de caudal, tipo TOUR ANDERSSON.

*Consideraciones Generales de la Normativa:*

Las conducciones de la instalación deben estar señalizadas con franjas, anillos y flechas dispuestos sobre la superficie exterior de las mismas o de su aislamiento térmico, en el caso de que lo tengan, de acuerdo con lo indicado en UNE 100100.

Las conexiones, uniones, soportaciones, purgas, etc. de los diferentes elementos de una instalación se realizarán de acuerdo con la ITE 05.2.

Las conexiones entre equipos con partes en movimiento y tuberías se efectuarán mediante elementos flexibles.

*Llenado de circuitos de climatización:*

La alimentación se hará por medio de un dispositivo o aparato que servirá al mismo tiempo para reponer manual o automáticamente las pérdidas de agua. El dispositivo deberá ser capaz de crear una solución de continuidad en caso de caída de presión en la red de alimentación.

Antes del dispositivo de reposición se dispondrá una válvula de retención y un contador, precedidos por un filtro de malla metálica. Las válvulas de interceptación serán del tipo de

esfera, asiento o cilindro. El diámetro mínimo de las conexiones se elegirá de acuerdo con el RITE.

#### *Vaciado de circuitos de climatización:*

Todas las redes de distribución de agua deben estar diseñadas de tal forma que puedan vaciarse total y parcialmente.

Los vaciados parciales de la red se harán usualmente por la base de las columnas, a través de un elemento cuyo diámetro será, como mínimo, igual a 20 mm.

El vaciado total se hará por el punto más bajo de la instalación, cuando este sea accesible a través de un elemento cuyo diámetro se determinará según indica el RITE.

Para prevenir los efectos de golpes de ariete, provocados por apertura rápida o cierre de elementos como válvulas o la puesta en marcha de bombas, deben instalarse elementos amortiguadores en los puntos cercanos a los elementos que los provocan, según la ITE 02.8

Todas las bombas y válvulas automáticas deben protegerse por medio de filtros de malla o tela metálica, situados aguas arriba del elemento a proteger, tal como se indica en planos.

### 4.3.5 CLIMATIZADORES

#### Descripción general

Los climatizadores estarán destinados a vencer las cargas térmicas exteriores para introducir aire primario a unas condiciones adecuadas. Las características siguientes estarán de acuerdo con los cálculos realizados:

#### Características de las máquinas

TABLA DE CARACTERÍSTICAS CLIMATIZADORES												
CARACTERÍSTICAS GENERALES			CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: CIRCUITO AGUA			CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: VENTILADOR		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: VENTILADOR		CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES		
REF.	DESCRIP. / ZONA	MARCA / MODELO	POT. CALEF. (Kw)	CAUD. [ΔT] (l/h)	PERD. CARGA (mca)	CAUD. [ΔP] (m³/h)	REV. (rpm)	CAUD. [ΔP] (m³/h)	REV. (rpm)	DIMENSIONES La.xAn.xAl. (mm)	PESO (Kg)	CARACTERÍSTICAS
AP13.1	AIRE PRIMARIO CLIENTES	SERVOCLIMA	41,52	2380	2,8	4500	2991	4500	1393	3980x1030x1460	570	BATERÍA DE CALOR CON RECUPERADOR
AP13.2	AIRE PRIMARIO TRABAJADORES	SERVOCLIMA	25,33	1450	0,8	2724	3385	2724	2342	3380x780x1360	420	BATERÍA DE CALOR CON RECUPERADOR
RE13.2	RECUPERADOR A 2 TUBOS	AIRLAN UR 150	11,20	642,13 [70-55°]	-	1500	-	-	-	1500x1250x390	-	DE BAJA SILUETA

Tabla 4.6 Características maquinaria

### 4.3.6 SUELO RADIANTE

A partir del cálculo de cargas térmicas mediante simulación con AX3000, se ha diseñado el sistema de suelo radiante. El sistema escogido es el System 70 de la marca ROTEX, con las siguientes características técnicas:



Balance	
Temperatura de impulsión	70 °C
Temperatura de retorno media	40,1 °C
Carga total de calefacción. suelo	192857 W
Caudal de agua total	6370 kg/h
Pérdida de presión máx.	10494 Pa
Cantidad de agua	787 litros
Superficie total calefactada	2326 m <sup>2</sup>

Tabla 4.7 Características del suelo radiante

Las características más significativas de la estructura del sistema escogido son:

- Estructuración individual de la distribución de los tubos.
- Calefacción con tubo de doble pared.
- Regulación y control de temperatura en todas las salas.
- Instalación de los tubos encima de placas Protect, para mejor montaje y aislamiento térmico frente a la estructura inferior.

## 4.4 INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

### 4.4.1 OBJETIVO

El objetivo es el diseño de la instalación de agua potable, para la alimentación del edificio de estudio, exponiendo los cálculos (Anexo H.3) pertinentes para el correcto funcionamiento y cumplimiento de la reglamentación vigente.

### 4.4.2 JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

Se incluyen adjuntos los cálculos de dimensionado de las diversas tuberías que forman la instalación de fontanería, además de los equipos para un correcto funcionamiento.

En los planos y el presupuesto figuran los modelos de los equipos que se han obtenido después de los cálculos.

### **4.4.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN**

La instalación de fontanería, estudiada en este apartado, se refiere a la alimentación de los núcleos húmedos situados en el edificio y a los diferentes puntos de alimentación del circuito de climatización y producción de ACS.

El suministro general se efectuará por la compañía suministradora, debiendo ser preciso el cumplimiento de las normas particulares de la misma.

La instalación se conectará a la red municipal existente. Si existiera la posibilidad de presiones de entrada superiores a 9 Kgr/cm<sup>2</sup> se instalaría una válvula reguladora de presión.

### **4.4.4 ACOMETIDA**

Se realizará una acometida para el agua potable. El suministro de agua potable, desde la red general, se repartirá mediante una acometida que entrará en el edificio según se detalla en planos adjuntos.

A partir del contador se derivará para alimentar todos los puntos de consumo previstos y señalizados en los planos.

### **4.4.5 RED INTERIOR DE AGUA FRÍA**

De acuerdo con las especificaciones de los planos, una vez entrada la tubería en el edificio alimentará todos los núcleos húmedos y a los diferentes puntos de llenado del circuito de climatización y producción de ACS.

Toda la distribución de los puntos de agua se realizará de acuerdo con el esquema de distribución de tubería que se acompaña en los planos. Se realizará la alimentación a los núcleos desde los montantes de subida y una vez en el interior de los aseos la tubería será vista.

Toda la instalación interior será de polipropileno, preferentemente será de la marca FUSIOTHERM serie AQUATHERM, tipo PN-16. Podrá variarse de acuerdo con dirección facultativa a tubería de cobre, cumpliendo con la equivalencia de diámetro de tubería.

Se colocaran válvulas de corte general en los montantes principales, a la entrada de de cada local húmedo, según se indica en planos.

Todos los tubos irán aislados con coquilla elastomérica de espesor según especificación del RITE o con tubo corrugado en los tramos finales de conexión.

Cualquier cambio deberá ser acordado con la dirección facultativa.

#### **4.4.6 RED INTERIOR DE AGUA CALIENTE**

Toda la distribución de los puntos de agua se realizará de acuerdo con el esquema de distribución de tuberías que se acompaña y se realizará la alimentación a los núcleos desde los montantes de subida, una vez en el interior de los aseos la tubería será vista.

Toda la instalación interior será de polipropileno, preferentemente será de la marca FUSIOTHERM serie AQUATHERM, tipo PN-20. Podrá variarse de acuerdo con dirección facultativa a tubería de cobre, cumpliendo con la equivalencia de diámetro de tubería.

Se colocaran válvulas de corte general en los montantes principales, a la entrada de cada local húmedo, según se indica en planos.

Todos los tubos irán aislados con coquilla elastomérica de espesor según especificación del RITE o con tubo corrugado en los tramos finales de conexión.

Cualquier cambio deberá ser acordado con la dirección facultativa.

#### **4.4.7 CONSIDERACIÓN DE LA INSTALACIÓN**

La suportación de las tuberías de suministro de ACS se atenderá de acuerdo a la norma UNE 100-152/1988.

Para la puesta en marcha del sistema se tendrá de tener en consideración de realizar la prueba de estanqueidad según la norma UNE 100-151/1988.

#### **4.4.8 GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA**

En la sala de calderas ubicada en la planta segunda se instalarán dos calderas, ambas serán de condensación. Una se destinará principalmente a la producción de calefacción, mientras que la otra se destinará a la producción de ACS.

Para la producción de ACS, de una de las calderas partirá el circuito primario que conectará con un colector 3D, moviendo el agua mediante dos bombas circuladoras colocadas en paralelo (BP13.1). Del colector hasta dos intercambiadores de 58 kw, uno de reserva, habrá el circuito secundario, impulsando el agua mediante otro conjunto de bombas circuladoras (BS13.1). A partir de los intercambiadores el agua será de consumo (ACS), donde la acumulación se hará mediante dos depósitos acumuladores de 1000 litros. El agua a calentar de estos dos depósitos podría estar precalentada previamente debido a que proviene del circuito solar.

En los planos se adjunta el esquema de principio de las instalaciones hidráulicas.

Se anexan cálculos justificativos de los volúmenes de los depósitos de ACS como el dimensionado de los diferentes tramos del circuito.

En la salida del depósito de agua caliente sanitaria se ha instalado una válvula TA – MATIC la cual mezclará, según las necesidades, el agua caliente procedente del depósito con agua fría procedente de la red y agua del circuito de recirculación para realizar una distribución lo más precisa a la consigna que se haya definido.

Asimismo se ha previsto una válvula de regulación manual que actuará sobre la bomba de recirculación para evitar el descenso de la temperatura en el circuito y garantizar un flujo de agua constante.

#### **4.4.9 TEMPERATURAS DE PREPARACIÓN**

El agua caliente para usos sanitarios (ACS) se preparará a la temperatura mínima que resulte compatible con su uso, considerando las pérdidas en la red de distribución.

Para la temperatura de preparación y almacenamiento del ACS, deberán tenerse en consideración las reglas y criterios de proyecto contenidos en los apartados correspondientes de la norma UNE 100030 "Prevención de la legionela en instalaciones de edificios".

#### **4.4.10 SISTEMAS DE PREPARACIÓN**

La elección del sistema de preparación de ACS para el edificio será de acuerdo con la demanda, la adecuada atención al servicio y el uso racional de la energía.

Por razones sanitarias, no está permitido producir el ACS mezclando agua fría con vapor, condensado o agua de caldera.

#### **4.4.11 REDES DE DISTRIBUCIÓN**

La red de distribución de ACS está diseñada de tal manera que se reduzca al mínimo el tiempo transcurrido entre la apertura del grifo y la llegada del agua caliente. Para ello, la red de distribución está dotada de una red de retorno que se procurará llevar lo más cerca posible a la entrada de los núcleos situados en cada planta.

La tubería de entrada de agua fría en la central de preparación y la de retorno de agua caliente dispondrán de válvulas de retención.

El material de las tuberías debe resistir la presión de servicio a la temperatura de funcionamiento y la acción agresiva del agua caliente.

Las redes de distribución se aislarán según lo indicado en la norma correspondiente.

## 4.5 INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

### 4.5.1 OBJETIVO

Este apartado tiene por objeto el diseño de la instalación de energía solar térmica para el edificio de estudio mediante un diseño con un correcto funcionamiento cumpliendo con la reglamentación vigente.

### 4.5.2 JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

Se incluyen adjuntos los cálculos de dimensionado de las diversas tuberías que forman la instalación solar térmica, además de los diferentes equipos que componen la instalación.

En los planos y el presupuesto figuran los modelos de los equipos que se han obtenido después de los cálculos.

- Los criterios de demanda considerados han sido los siguientes:
  - Para el cálculo del número de comidas diarias del restaurante se ha considerado que todas las mesas interiores se llenarían una vez por día.
  - El número de almuerzos diarios se ha considerado la mitad de la ocupación de mesas prevista en el local.
  - Las duchas/vestuarios, al ser de uso privado del complejo, y al tener unas dimensiones reducidas, se considerará que el 50 % de la estimación de trabajadores según proyecto de actividades se ducharan una vez diaria.
  - En las oficinas se aplicará un ratio de ocupación del 1 persona cada 10 m<sup>2</sup>.
  - Las demandas de Julio y Agosto serán nulas debido a la inactividad del edificio durante estos meses.
- El método utilizado para el cálculo de la instalación solar térmica ha sido el método F-Chart.

En los planos y el presupuesto figuran los modelos de los equipos que configuran la instalación solar y que se han obtenido después de llevar a cabo los cálculos pertinentes. (Anexo H.4)

### 4.5.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

#### SISTEMA DE PRODUCCIÓN

- *Necesidades energéticas*

Para determinar la demanda energética total o energía requerida por el sistema para poder suministrar la demanda de ACS a los usuarios se ha tenido en cuenta:

- demanda de agua caliente sanitaria
- pérdidas por acumulación
- pérdidas por distribución y/o recirculación del agua de la producción a los puntos de consumo

En la tabla siguiente se presenta resumidamente estos valores:

NECESIDADES TOTALES DEL EDIFICIO		
Valores medios diarios	98,6	kWh/día
Valores globales anuales	29.878	kWh/año

Tabla 4.8 necesidades energéticas del edificio

- *Contribución solar*

La contribución solar anual o el porcentaje de la demanda energética total que es aportada por el sistema de captadores se presenta resumidamente a continuación:

CONTRIBUCIÓN SOLAR		
Contribución circuito solar	50,1	%

Tabla 4.9 contribución solar

- *Producción energética*

Será la producción energética o energía solar aportada por los captadores menos las pérdidas térmicas antes comentadas.

En la tabla siguiente se presenta resumidamente estos valores:

PRODUCCIÓN ENERGÉTICA		
Aportación circuito solar diaria	98,6	kWh/día
Aportación circuito solar anual	49,4	kWh/día

Tabla 4.10 producción energéticas del sistema

### SISTEMA DE PLACAS SOLARES

Para la captación de la energía solar se utilizarán preferentemente colectores Viessmann Vitosol 100, 2,3 m<sup>2</sup> cada uno, se utilizarán un total de 15 captadores.

Los captadores solares, disponen de un sistema de fijación con perfiles de aluminio y las respectivas juntas d'EPDM, abrazaderas y pinzas de fijación correspondientes, manguitos flexibles de acero inoxidable y onduline de poliéster.

La geometría de las placas permite una repartición perfecta del fluido y una inercia térmica mínima. La superficie absorbente es capaz de asegurar un coeficiente de transmisión térmica del 94 %.

Con el fin de alcanzar la máxima eficiencia en la captación de la energía solar, es necesario que el subsistema de captación esté orientado al sur con un margen de  $\pm 5^\circ$ . Para el buen funcionamiento de los colectores planos, la inclinación será mínima de  $5^\circ$ .

Todos los elementos que producen sombra en la edificación se han tenido en cuenta, considerando las pérdidas respectivas en los cálculos.

### SISTEMA DE ACUMULACIÓN

El conjunto de placas solares destinadas a la producción de ACS alimentará el circuito solar (circuito primario) y mediante un intercambiador realizará un precalentamiento del ACS.

De esta forma el funcionamiento de la caldera será para aportar la energía auxiliar necesaria para cubrir con toda la demanda del edificio.

No obstante como la producción solar solamente permite calentar el agua hasta  $45^\circ\text{C}$ , será mediante la caldera que se elevará la temperatura hasta a  $60^\circ\text{C}$  para su acumulación según indica el RITE.

El uso de la caldera será también necesario para elevar la temperatura hasta  $70^\circ\text{C}$  para el tratamiento antilegionela.

Los acumuladores serán verticales con revestimiento interior vitropástico y protección catódica permanente. Estos depósitos serán de poliuretano reforzado con fibra de vidrio aislado.

### SISTEMA DE MANTENIMIENTO

El circuito dispondrá de válvulas de corte seccionadoras, válvulas de seguridad, válvulas de vaciado, elementos de purga y termómetros.

Para el correcto mantenimiento de las placas se ha previsto el montaje de un depósito auxiliar para permitir el vaciado del agua glicolada de las placas y su reaprovechamiento una vez reparada la avería.

## **4.6 INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Una vez estudiada la viabilidad de la instalación solar fotovoltaica se ha rechazado su implantación.

## **4.7 INSTALACIÓN DE GESTIÓN CENTRALIZADA**

### **4.7.1 OBJETIVO**

El objetivo es centralizar el control de todas las instalaciones del edificio desde un ordenador central situado en planta baja.

Se controlarán las instalaciones de producción agua caliente, ACS, climatizadores, suelo radiante e iluminación.

### **4.7.2 CIRCUITOS DE AGUA CALIENTE**

#### PRODUCCIÓN AGUA CALIENTE

Se han previsto dos calderas conectadas a un colector separado por válvulas de mariposa.

Se dará orden de autorización de funcionamiento a las calderas para que funcionen en invierno las dos unidades y en verano ninguna de ellas, comandándose las válvulas de mariposa para permitir el paso del fluido a suministro entre colector de ACS y colector de climatizadores y suelo radiante.

Si en épocas intermedias se detecta que no existe demanda de los circuitos de suelo radiante se cerrarán las válvulas de mariposa y funcionará sólo la caldera que alimenta al colector de ACS.

La secuencia de marcha paro de las calderas se hará en función de la demanda de colectores, arrancando primero las bombas de primario y temporizado la orden de marcha del quemador.

La secuencia de paro se hará dando orden de paro a las calderas y temporizadamente a las bombas de primario correspondientes.

Las calderas se controlaran de manera individual en función:

- de temperatura de salida, con una consigna  $X_s$  ajustable por el usuario.
- de un programa horario.
- de una orden manual.
- por el interruptor manual situado en un cuadro de control.

Se programará la función antihielo para que cuando el sistema esté parado y detecte en los colectores temperaturas inferiores a 5°C se pongan en marcha las bombas circuladoras y si la temperatura es inferior a 2°C se pondrán en marcha las calderas hasta alcanzar una temperatura superior a 5°C en colectores.

El control preverá un programa de ciclado automático de las ordenes de marcha - paro de las bombas de primario (alternancia diaria), de manera que se igualen sus tiempos de funcionamiento con supervisión de estados térmicos, en caso de fallo de una bomba, tras 5 segundos de retardo, se genera la alarma correspondiente y se arrancará la otra. Generación de contadores horarios por bomba para mantenimiento preventivo.



Se supervisará en cada caldera la temperatura de salida de humos, generando una alarma por mal funcionamiento y parando el quemador si se sobrepasa la temperatura límite.

Se supervisará en cada caldera la circulación de agua por las mismas mediante un interruptor de caudal, generando una alarma por mal funcionamiento y parando el quemador si se detecta fallo.

Se registrarán los históricos, de temperaturas de impulsión y retorno de calderas, colectores y exterior, horas de funcionamiento de cada una de las calderas y de cada una de las bombas de primario, alarmas y averías detectadas.

### DISTRIBUCIÓN DEL CIRCUITO DE SUELO RADIANTE

El control de la temperatura de impulsión del circuito será actuando sobre la válvula de tres vías mezcladora.

La consigna será definida por el sistema en función de la temperatura exterior, dentro de los límites de máx./mín. que defina el usuario.

Se programará un límite de máxima de seguridad que actuará cerrando válvula y parando la bomba del circuito.

Se registrarán los históricos de temperaturas, consigna de trabajo y posición de válvula.

La instalación puede conectarse o desconectarse en función:

- De un programa horario
- De programa antihielo
- De una orden manual
- Por el interruptor manual situado en cuadro

El funcionamiento de la válvula estará bloqueado cuando no haya demanda de servicio.

El control preverá un programa de ciclado automático de las ordenes de marcha - paro de las bombas de secundario (alternancia diaria), de manera que se igualen sus tiempos de funcionamiento con supervisión de estados térmicos, en caso de fallo de una bomba, tras 5 segundos de retardo, se genera la alarma correspondiente y se arrancará la otra. Generación de contadores horarios por bomba para mantenimiento preventivo

Se registrarán los históricos de todos los estados o alarmas existentes.

Se programará función antihielo cuando el sistema este parado y se detecte en el circuito temperaturas inferiores a 5°C pondrá en marcha las bombas circuladoras, si la temperatura es inferior a 2°C pondrá en marcha las calderas hasta alcanzar una temperatura superior a 5°C.

Se ha previsto un termostato de seguridad de máximo enclavado al servomotor de la válvula para cerrarla en caso de que se detecte una temperatura máxima.

### AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

El control de la temperatura de acumulación en depósitos será actuando sobre la válvula de tres vías mezcladora.

La consigna será definida por el usuario.

Se programara un límite de máxima de seguridad que actuará cerrando válvula y parando la bomba del circuito.

El control preverá un programa de ciclado automático de las ordenes de marcha - paro de las bombas de primario y secundario de intercambiador (alternancia diaria), de manera que se igualen sus tiempos de funcionamiento con supervisión de estados térmicos, en caso de fallo de una bomba, tras 5 segundos de retardo, se genera la alarma correspondiente y se arrancará la otra. Generación de contadores horarios por bomba para mantenimiento preventivo.

Se controlaran las bombas de recirculación de ACS de modo automático en función de la temperatura de retorno de cada circuito.

Con supervisión de estados térmicos, en caso de fallo de una bomba, tras 5 segundos de retardo, se genera la alarma correspondiente y se arrancará la otra. Generación de contadores horarios por bomba para mantenimiento preventivo

Se registrarán los históricos de todos los estados o alarmas existentes.

Se monitorizará la lectura de la sonda instalada en colector de impulsión a los diferentes circuitos de consumo y se registrará una alarma en el sistema si su lectura es inferior a un valor predeterminado.

Cuando se realice el control antilegionela el usuario actuará sobre un botón de control que puede programarse para definirle un horario variando la temperatura de consigna de acumulación hasta estar por encima de 70°C. Una vez llegado al valor comentado anteriormente, se mantiene la temperatura de la instalación a 70°C durante un periodo de dos horas y cuando finalice este periodo se restablecerá la temperatura de consigna habitual (60°C).

A través de la lectura de la sonda de temperatura instalada en el colector de retorno se confirmará que el procedimiento ha finalizado.

El usuario deberá manipular manualmente las válvulas de 2 vías de corte que by pasan las válvulas termostáticas TA-3400 no gestionadas desde el Sistema de Control.

### **4.7.3 EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN**

#### CLIMATIZADORES

Los climatizadores funcionarán sometidos a un horario determinado por el operador del sistema. Tendrán hora de arranque y parada a voluntad del operador y en caso de no querer

que se ejecute el arranque y/o la parada, bastará con no introducir la hora correspondiente en el menú de horarios del sistema.

Con el climatizador parado, las compuertas de extracción y aire exterior permanecerán cerradas y los ventiladores de impulsión y retorno parados. Una vez se de el arranque del mencionado climatizador, las compuertas se abrirán al 100% (dado que están controladas por motores todo / nada, 0 / 100% de apertura).

La orden de marcha del climatizador se hará dando orden de marcha al ventilador de impulsión y de retorno.

Cuando se tenga la retroseñal de marcha de los ventiladores se dará orden al sistema de control que establecerá un lazo de control PID convencional, para secuenciar la regulación de las válvulas de las baterías de calor, a fin de tener una temperatura de retorno de acuerdo a la consigna impuesta por el operador / administrador del sistema.

Se tendrán también las señales de alarmas correspondientes a:

- Alarma por filtro sucio.
- Disconformidad entre la orden de Marcha – Paro del ventilador de impulsión y su señal de estado de funcionamiento.
- Disconformidad entre la orden de Marcha – Paro del ventilador de retorno y su señal de estado de funcionamiento.
- Alarma por alta y baja de la temperatura de impulsión.
- Alarma por alta y baja de la temperatura de retorno.

Se registrarán los históricos de temperaturas, consigna de trabajo y posición de válvulas.

La instalación puede conectarse o desconectarse en función:

- De un programa horario
- De programa antihielo
- De una orden manual
- Por el interruptor manual situado en cuadro

Se registrarán los históricos de todos los estados o alarmas existentes.

Se programará una función antihielo cuando el sistema este parado y se detecte en el circuito temperaturas inferiores a 5°C pondrá en marcha las bombas circuladoras y se abrirán las válvulas para garantizar la circulación a través de las baterías. Si la temperatura es inferior a 2°C pondrá en marcha las calderas hasta alcanzar una temperatura superior a 5°C.

Las señales controladas en climatizadores son:

- Marcha / Paro del ventilador de impulsión. (1 Salida digital).
- Estado de funcionamiento del ventilador de impulsión. (1 entrada digital).
- Marcha / Paro del ventilador de retorno. (1 Salida digital).
- Estado de funcionamiento del ventilador de retorno. (1 entrada digital).
- Alarma de filtro sucio F-5. (1 entrada digital).

- Temperatura de impulsión y retorno. (2 entradas analógicas).
- Temperatura de retorno pos recuperador (1 entrada analógica).
- Mando válvulas tres vías frío y calor (2 salidas analógicas)
- Mando T/N compuertas de cierre climatizador (1 salida digital)

### SUELO RADIANTE

La entrada en funcionamiento del suelo radiante se establecerá por unos meses de invierno determinados actuando como fuente principal de climatización.

En principio el suelo radiante será controlado por termostatos convencionales no conectados al Sistema de Gestión.

Estos termostatos comandarán una válvula de tres vías prevista a la entrada de colectores de cada zona y su mando se realizará en función de la desviación respecto a la consigna.

## **4.7.4 EQUIPOS ELÉCTRICOS**

### ILUMINACIÓN

Se hará el control de encendido o apagado de los circuitos de iluminación desde el sistema de gestión, mediante control horario o de forma manual.

En función de la orden de puesta en marcha general del circuito, sea esta horaria o manual desde el sistema de gestión, se pondrá en marcha siempre y cuando el mando del mismo esté en automático. Seguidamente y tras haber realizado una temporización de 5 segundos a la conexión de la línea se recibirá el estado de confirmación de la línea de iluminación conforme se ha encendido.

Si ejecutamos una orden de puesta en marcha y no recibimos confirmación, o si tenemos la línea en marcha y recibimos un fallo de estado al cabo de 5 segundos se generará una alarma que quedará memorizada en el Sistema de Gestión.

## **5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA**

### **5.1 OBJETIVO**

El objetivo de este apartado es el de calificar energéticamente el edificio de estudio, expresado a través de una etiqueta energética. Mediante esta etiqueta el edificio se calificará dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). El proceso se llevará a cabo mediante el programa de simulación CALENER.

### **5.2 DETERMINACIÓN DEL EDIFICIO DE REFERENCIA**

Al ser un edificio del sector terciario, la calificación energética se hace comparando el comportamiento del mismo con el de un edificio de referencia (los edificios de viviendas tienen otra metodología de cálculo). Este edificio de referencia se caracteriza por:

- a) La misma forma, tamaño y orientación que el edificio objeto.
- b) La misma zonificación interior y el mismo uso de cada zona.
- c) Los mismos obstáculos remotos que el edificio objeto.
- d) Unas calidades constructivas de muros, suelo y cubierta que garanticen el cumplimiento mínimos de normativa (Según sección CTE-HE1).
- e) La misma demanda de ACS que el edificio objeto.
- f) La contribución solar mínima de ACS. (según la sección CTE-HE4).
- g) El nivel de iluminación que cumpla con los requisitos mínimos de eficiencia energética que figuran en el CTE-HE2.
- h) Un valor estándar del rendimiento medio estacional de las instalaciones térmicas, para satisfacer las necesidades asociadas a unas condiciones normales, tanto climáticas como de funcionamiento y ocupación.
- i) Una contribución solar fotovoltaica mínima de energía eléctrica, según la sección HE5.

### **5.3 INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

La calificación del edificio se hará en base a los índices de eficiencia energética (IEE):

- Relativo a la demanda de calefacción
- Relativo a la demanda de refrigeración
- Relativo a las emisiones del servicio de calefacción.

- Relativo a las emisiones del servicio de refrigeración.
- Relativo a las emisiones del servicio de iluminación artificial.
- Relativo a las emisiones totales de los servicios de calefacción, refrigeración, ACS e iluminación.

El cálculo de estos índices se realizará del siguiente modo:

- Índices de eficiencia energética relativos a demandas:

Serán obtenidos dividiendo la demanda del servicio correspondiente del edificio objeto por la demanda del mismo servicio en el edificio de referencia.

$$IEE = \frac{Demanda_{objeto}}{Demanda_{referencia}}$$

Expresión 5.1 Valores de IEE según demandas

- Índices de eficiencia energética relativos a las emisiones:

Serán obtenidos dividiendo las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a determinado servicio o servicios y correspondientes al edificio objeto por las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a idéntico(s) servicio(s) del edificio de referencia.

$$IEE = \frac{Emisiones_{objeto}}{Emisiones_{referencia}}$$

Expresión 5.2 Valores de IEE según emisiones

De esta forma, los límites de escala de calificación según el valor de IEE serán:

<b>Clase A</b>	si		IEE	< 0.4
<b>Clase B</b>	si	0.4 ≤	IEE	< 0.65
<b>Clase C</b>	si	0.65 ≤	IEE	< 1.00
<b>Clase D</b>	si	1.00 ≤	IEE	< 1.30
<b>Clase E</b>	si	1.30 ≤	IEE	< 1.6
<b>Clase F</b>	si	1.6 ≤	IEE	< 2
<b>Clase G</b>	si	2.00 ≤	IEE	

Fig. 5.1 Calificación según valores de IEE

## 5.4 RESULTADO FINAL

Una vez llevada a cabo la simulación del edificio, el programa muestra la etiqueta energética, donde mediante una letra se mostrará el grado de eficiencia del edificio estudiado:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto
Demanda calefacción kWh/m <sup>2</sup>	<b>C 58.6</b>
Demanda refrigeración kWh/m <sup>2</sup>	<b>B 9.0</b>
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>B 7.4</b>
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>A 0.0</b>
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>A 1.0</b>
Emisiones CO <sub>2</sub> Iluminación kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>B 17.9</b>

Fig. 5.2 Etiqueta Energética

Como se puede observar, la calificación total del edificio corresponde a la letra **B**.

También pueden observarse las calificaciones individuales de cada uno de los factores que interviene. Comparando el cociente entre el valor del edificio objeto y el de referencia con la figura 5.1, se encuentra la calificación.

Las demandas energéticas anuales, obtenidas del programa, coinciden con las mostradas en la fig. 3.5 de este trabajo, puesto que, como se ha comentado anteriormente, el programa CALENER utiliza los valores de las demandas calculadas con LÍDER.

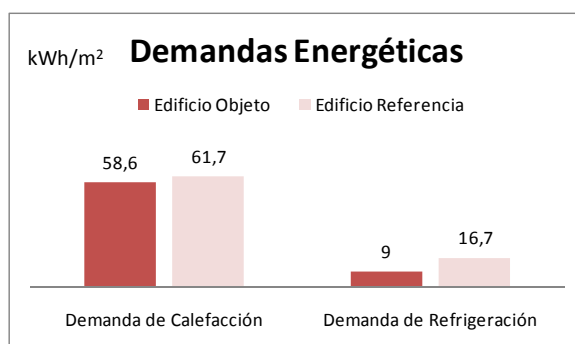


Fig. 5.3 Demandas energéticas anuales

Para calcular el valor de las emisiones de CO<sub>2</sub>, previamente el programa calcula el consumo de energía del edificio según los sistemas definidos, comparando los valores con los del edificio de referencia, descrito en el apartado 5.2. A partir de aquí, mediante unos coeficientes para pasar de energía final a emisiones de CO<sub>2</sub> tomados del Plan de Energías Renovables de España 2005-2010 y del Plan de Acción de la Estrategia, se convierte de energía final a emisiones de CO<sub>2</sub>. (En el Anexo K se muestran los coeficientes de paso).

El programa muestra ambos resultados, tanto el cálculo de la energía final anual de los edificios cómo el consumo de CO<sub>2</sub> anual equivalente.

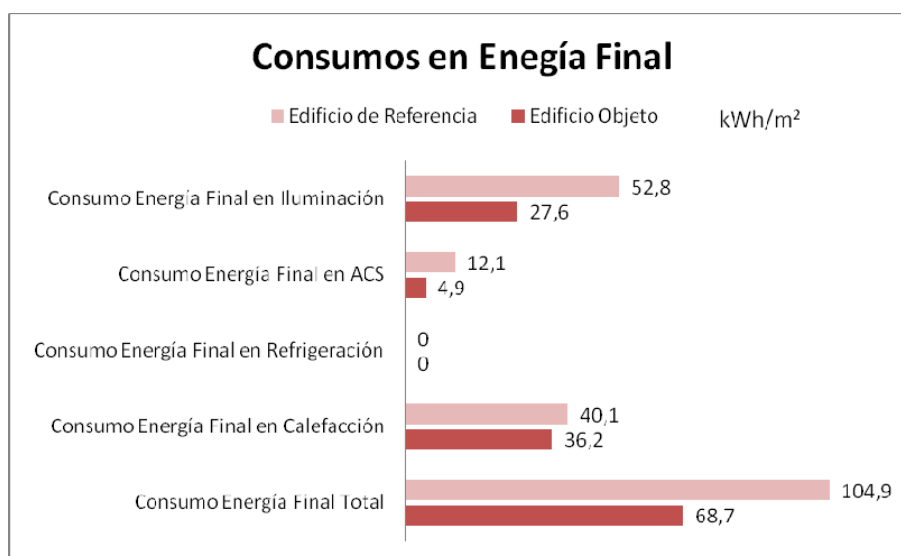


Fig. 5.4 Consumos de energía anuales

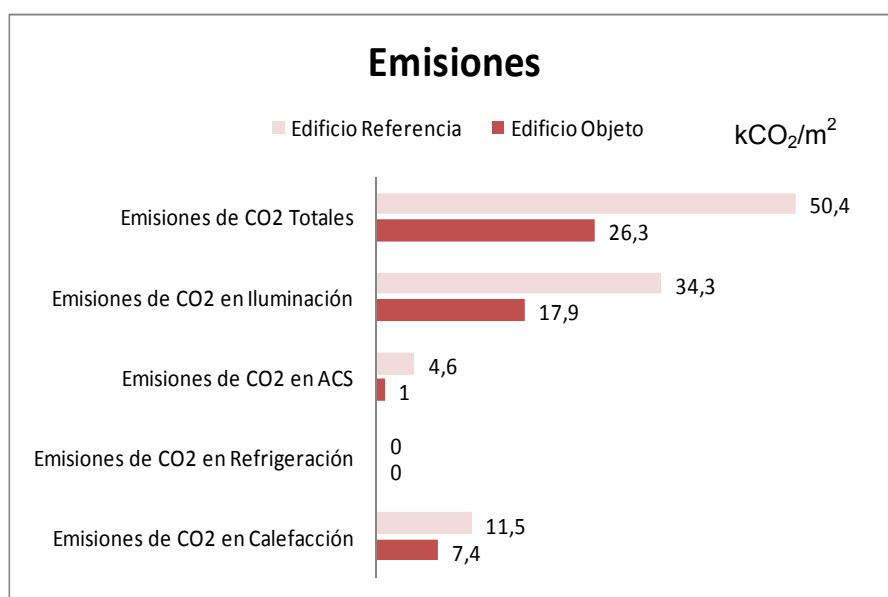


Fig. 5.5 Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales



Si se dividen las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del edificio objeto, respecto al de referencia, esto es

$$IEE = \frac{26,3}{50,4} = 0,522, \text{ y este valor lo comparamos en la escala de calificación (Fig. 5.1):}$$

$$0,4 \leq 0,522 < 0,65 \longrightarrow B$$

Se observa que el edificio de estudio está a un término medio entre la letra A y la letra C. Esto significa que por una parte, se podría implementar algún sistema más económico penalizando un poco la eficiencia pero estando aún calificado con la misma eficiencia energética (letra B), y por la otra que si quisiéramos tener un edificio mejor calificado energéticamente (letra A), los esfuerzos en cuanto a eficiencia tendrían que ser considerables para llegar a la letra A.

Aunque en un principio podría parecer que únicamente intervienen las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en la calificación global del edificio, sin tener en cuenta los valores de las demandas, si que se tienen en cuenta puesto que cuanto menor sea la demanda, menor será también la energía necesaria para climatizar y menores las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de estudio. El caso contrario ocurriría si la demanda fuese superior.

### Demandas

Las demandas de calefacción y refrigeración dependen del tipo de cerramientos utilizados, analizados por el LIDER. Como se comentó en el apartado 3.4, justificando los resultados, la demanda de calefacción está muy cercana a la demanda límite, mientras la demanda de refrigeración cumple sobradamente (93,1% y 53,8% respecto el edificio de referencia). De esta forma, tal y como se indica en la etiqueta energética:

- Demanda de calefacción:  $0,65 \leq IEE = \frac{58,6}{61,7} = 0,95 < 1 \longrightarrow C$
- Demanda de refrigeración:  $0,4 \leq IEE = \frac{9}{16,7} = 0,54 < 0,65 \longrightarrow B$

### Emisiones

Dentro del conjunto de energía consumida por parte de las diferentes instalaciones, destacar que todo el peso recae prácticamente en la energía necesaria para calefactar el local (53% del total) y la energía de iluminación (40 % del total):

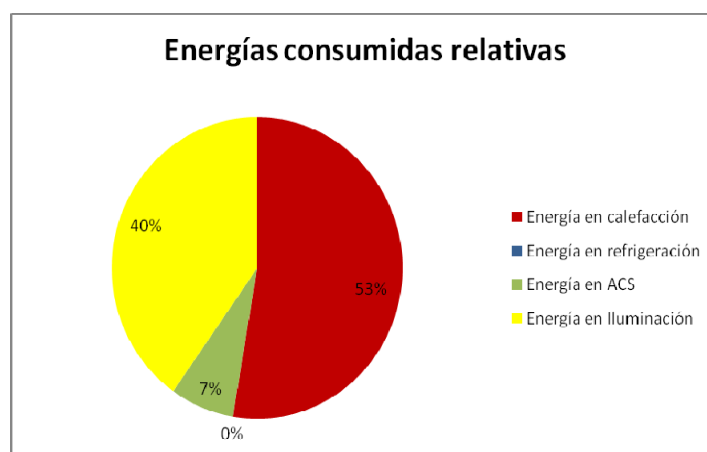


Fig.5.6 Energías consumidas

El consumo en la instalación de iluminación es considerablemente alto respecto al de calefacción que suele ser bastante superior, por el hecho de que todas las salas van iluminadas, con muchas de ellas altos valores de iluminancia. Mientras que no todos los locales van calefactados, en la planta subterránea únicamente irán calefactados los vestuarios y en la planta baja y primera, en el conjunto de almacenes no se implementará el suelo radiante. (Ver planos de suelo radiante con las zonas de climatización).

Estos consumos se traducen en unas emisiones de CO<sub>2</sub> determinadas, una vez hecha la conversión con la tabla del Anexo K antes mencionada.

Al ser los factores de emisión de CO<sub>2</sub> de la electricidad (649 grCO<sub>2</sub>/kWh) muy superiores a los factores del gas natural (204 grCO<sub>2</sub>/kWh), se convierte, aún consumiendo menos energía, más perjudicial la instalación de iluminación con respecto a la de calefacción. Estos valores de conversión dependen de la procedencia de la energía, rendimientos y transporte entre otros factores.

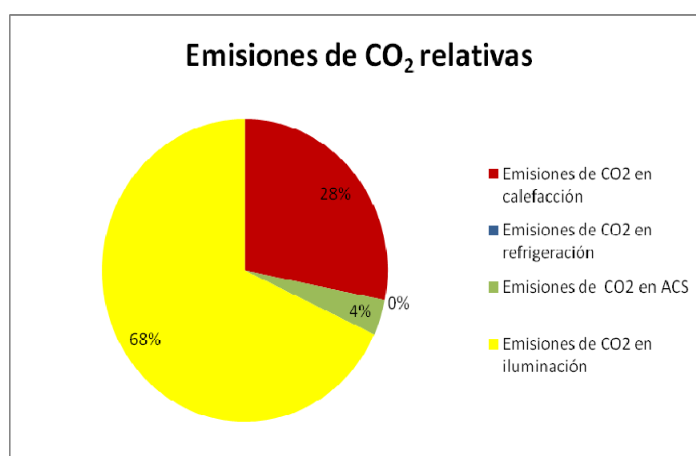


Fig. 5.7 Emisiones relativas

Si se analizan cada uno de los indicadores energéticos referente a emisiones por separado:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> en Calefacción:  $0,4 \leq IEE = \frac{7,4}{11,5} = 0,64 < 0,65 \rightarrow B$

Las claves de la obtención de esta letra, aunque el margen sea mínimo son:

- Utilización de suelo radiante, actualmente uno de los sistemas más eficientes y confortables que existen.
- Realización del cálculo de cargas térmicas mediante un programa de simulación para optimizar al máximo el diseño.
- Utilización de una caldera de condensación, con rendimientos excelentes para la aportación de energía.

Al estar el valor del indicador energético en el extremo superior, sería muy complicado mejorar este sistema a la letra A, puesto que se tendrían que reducir mucho las emisiones emitidas para lograr una calificación individual mejor.

- Emisiones de CO<sub>2</sub> en Refrigeración: 0

Evidentemente al no utilizar un sistema de climatización de frío, las emisiones de CO<sub>2</sub> serán nulas. Aunque en la etiqueta energética salga calificada como A, en el cálculo global no influirá, puesto que se comparan las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del edificio objeto con las de referencia, ambos sin sistema de refrigeración.

- Emisiones de CO<sub>2</sub> en iluminación:  $0,4 \leq IEE = \frac{17,9}{34,3} = 0,52 < 0,65 \rightarrow B$

Las claves para un buen diseño de esta instalación han sido:

- Se ha comprobado mediante el programa Dialux que todas las salas tuvieran un iluminación con un valor de eficiencia energética (VEEI) inferior al de normativa. (Ver anexo H).
- Se han utilizado en la mayoría de los casos luminarias de alta eficiencia.
- Reducir al máximo la potencia instalada en cada local, cumpliendo siempre con los valores mínimos de iluminancia media.
- Optimizar al máximo la aportación de luz natural.

Tampoco sería fácil mejorar la calificación individual de esta instalación, puesto que el indicador energético se encuentra en un punto medio del intervalo.

- Emisiones de CO<sub>2</sub> en ACS:  $0 \leq IEE = \frac{1}{4,6} = 0,21 < 0,4 \rightarrow A$

La justificación de la letra A, indicador de máxima eficiencia han sido:

- Implementación de un sistema solar térmico con la suficiente energía para cubrir el 50 % de la demanda en agua caliente sanitaria.
- Por normativa, no sería necesaria su implementación, de esta forma, cualquier contribución solar estaría beneficiando mucho el sistema hablando en términos de eficiencia.
- Utilización de una caldera de condensación como fuente de energía auxiliar con unos rendimientos altos.

Aunque el edificio de estudio tenga una calificación de eficiencia muy bueno, muchos son los sistemas que se podrían aplicar para llevar a cabo un edificio mejor. Evidentemente hay que buscar siempre el equilibrio eficiente-económico y intentar diseñar los edificios lo más eficientes posible dentro de las limitaciones económicas y requerimientos por parte de la propiedad.

El redactor,

Francesc Esteve Cots  
Girona, 10 de Enero de 2008

## 6 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Partida	Resumen	Importe
<b>01</b>	<b>ESTUDIOS PREVIOS</b>	<b>3.724 €</b>
01.01	ESTUDIO SOLAR.....	1.910 €
01.02	ESTUDIO DE LUZ NATURAL.....	1.144 €
01.03	ESTUDIO DEL ENVOLVENTE.....	670 €
<b>02</b>	<b>JUSTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO AHORRO DE ENERGÍA.....</b>	<b>930 €</b>
<b>03</b>	<b>INSTALACIONES.....</b>	<b>651.402 €</b>
03.01	ELECTRICIDAD (ILUMINACIÓN).....	102.693,2 €
03.02	CONTROL CENTRALIZADO.....	91.901,6 €
03.03	CLIMATIZACIÓN.....	239.797,2 €
03.04	VENTILACIÓN.....	79.166,7 €
03.04	FONTANERÍA.....	102.775,5 €
03.05	ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	35.067,8 €
<b>04</b>	<b>CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.....</b>	<b>830 €</b>
<b>TOTAL DEL PRESUPUESTO</b>		<b>656.886 €</b>

El presupuesto general asciende a la cantidad de SEISCIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS.

El redactor,

Francesc Esteve Cots  
Girona, 10 de Enero de 2008

## 7 CONCLUSIONES

Analizando los objetivos marcados por este trabajo las conclusiones finales son:

- La utilización de herramientas de simulación energética para la realización de los estudios previos ha ayudado mucho a llevar a cabo un mejor diseño tanto de las instalaciones como del envolvente, además de entender mejor su comportamiento.
- Para llevar a cabo todo este proceso, se han utilizado diversos tipos de programas, cada uno de ellos con una finalidad concreta. Este hecho ha alentido mucho el tiempo de ejecución de los diferentes apartados. Si se utilizara un programa que englobara todas las funciones utilizadas se facilitarían mucho las cosas, agilizando los tiempos de ejecución. De momento no ha aparecido un programa con tales características, aunque son muchos los programas y con diversas funciones los que actualmente están saliendo en el mercado.
- Hay varios diseños con los que podríamos haber mejorado la calificación actual, pero dentro de las limitaciones económicas y especificaciones por parte de la propiedad, la implementación se ha realizado de la forma más eficiente posible.

Si el objetivo fuese mejorar la calificación, el orden de prioridad sería empezar mejorando la instalación de iluminación, puesto que es la que más emisiones de CO<sub>2</sub> genera, la siguiente a mejorar sería la de calefacción, y por último la referente a las emisiones de la instalación de ACS. Esta, al emitir poco contaminante, su mejora del sistema prácticamente no tendría influencia en las emisiones totales.

Algunas posibles mejoras e ideas que me han ido surgiendo a lo largo de este trabajo, que podrían mejorar la eficiencia del edificio (no consideradas por las razones expuestas al inicio de este punto) son:

- Mejoras referentes a las demandas energéticas:
  - Utilización de un aislamiento más grueso para reducir las demandas energéticas, además de tener una mejor *inercia térmica*<sup>33)</sup>.
- Mejoras referentes a las instalaciones:
  - Implementación de un sistema geotérmico para aprovechar el diferencial de temperaturas del subsuelo (siempre a unos 18 °C), para aportar aire caliente a la climatización cuando sea necesario.

➤ Utilización de una caldera con biodiesel para la producción de energía térmica.

- A partir de este trabajo, al tratarse de un tema novedoso, han ido surgiendo inquietudes las cuales podrían servir como temas para futuros proyectos. Su realización podría servir de ayuda en un futuro a otros ingenieros que trabajen en este ámbito. Se resumen en:
    - Validación y comparativa de los diseños de instalaciones aplicados en este proyecto con los propuestos en el punto anterior mediante programas de simulación dinámica. (CFD).
    - Relación de los diferentes grosores de aislante y su tipología de material, con las demandas de calefacción y refrigeración dependiendo del clima y orientaciones del edificio de estudio en el programa LÍDER.
    - Asociación de los diversos sistemas de climatización e iluminación a las letras de calificación energética en el programa CALENER.
  - Referentes a los programas LIDER y CALENER, ambos programas son del Ministerio y gratuitos. Son dos programas utilizados hace poco tiempo, que poco a poco se van actualizando puesto que sus limitaciones son muchas. Este hecho hace que sea un poco engorrosa su utilización, además de la aparición de diversos errores, muchos de ellos incomprensibles. Esto ha alentido tanto el proceso de diseño como el de simulación del edificio de estudio.
  - Sobre el tema de la certificación energética, hay varios temas aún sin resolver y que se espera que en breve sean definidos. Temas como: ¿Quién certificará los edificios calificados por los proyectistas en fase de diseño y en fase de obra? ¿Qué proceso se utilizará? ¿Se hará por medio de empresas colaboradoras del ministerio? ¿Se hará por comunidades, en la nuestra el ICAEN?
- Todas estas dudas, a medida que se vayan calificando edificios se irán resolviendo. Pero una cosa está clara, queda mucho trabajo por hacer en este ámbito y será necesaria la formación de muchos ingenieros para que este proceso se desarrolle adecuadamente.

El redactor,

Francesc Esteve Cots  
Girona, 10 de Enero de 2008



## **8 RELACIÓN DE DOCUMENTOS**

El presente trabajo está formado por los siguientes documentos:

### **DOCUMENTO NÚM. 1 MEMORIA Y ANEXOS**

MEMORIA

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO A – DATOS CLIMATOLÓGICOS

ANEXO B – ANÁLISIS DE LUZ NATURAL

ANEXO C – ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE HUECOS

ANEXO D – TABLA DE CORRESPONDENCIA DE ESPACIOS

ANEXO E – GRÁFICAS DE RESULTADOS DEL LÍDER

ANEXO F – JUSTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO HE

ANEXO G – NORMATIVA DE APLICACIÓN

ANEXO H – CÁLCULOS DE LAS INSTALACIONES MECÁNICAS

ANEXO I – CÁLCULOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

ANEXO J – DOCUMENTO OFICIAL DE CALIFICACIÓN

ANEXO K – COEFICIENTES DE PASO DE ENERGÍA FINAL A EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

### **DOCUMENTO NÚM. 2 PLANOS**

### **DOCUMENTO NÚM. 3 PLIEGO DE CONDICIONES**

### **DOCUMENTO NÚM. 4 ESTADO DE MEDICIONES**

### **DOCUMENTO NÚM. 5 PRESUPUESTO**

## 9 BIBLIOGRAFÍA

### *Libros y artículos:*

Rey Martínez F., Velasco Gómez E. EFICIENCIA ENERGETICA EN EDIFICIOS: CERTIFICACIÓN Y AUDITORIAS ENERGÉTICAS. Thomson Paraninfo. Madrid, 2006.

Recknagel – Sprenger – Hönnmann. MANUAL TÉCNICO DE CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO. TOMO I. Ediciones técnicas y científicas. Madrid, 2000.

Incropera F., Dewitt D. FUNDAMENTO DE TRANSFERENCIA DE CALOR. Prentice Hall, 1999.

IDAE. GUÍA TÉCNICA DE APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL EN LA ILUMINACIÓN DE EDIFICIOS. Madrid, 2005.

CENSOLAR. INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR. TOMO IV/V. Sevilla, 2004.

IDAE. DOCUMENTO DE CONDICIONES DE ACEPTACIÓN DE PROGRAMAS INFORMÁTICOS ALTERNATIVOS. Dirección General de Urbanismo y Política de Vivienda, 2007.

IDEA. ESCALA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA PARA EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN. Dirección General de Urbanismo y Política de Vivienda, 2007.

### *Normativa:*

Biblioteca de normativa de la empresa PGIGRUP.

### *Páginas web consultadas:*

[www.BuildingGreen.org](http://www.BuildingGreen.org)

[www.worldbuild.com](http://www.worldbuild.com)

[www.icaen.net](http://www.icaen.net)

[www.idae.es](http://www.idae.es)

[www.ciemat.es](http://www.ciemat.es)

## 10 GLOSARIO

1. *Intensidad energética*: La intensidad energética es el cociente entre el Consumo de Energía Primaria y el Producto Interior Bruto (PIB). Intenta relacionar el consumo de energía necesaria para realizar cada unidad de PIB. Se expresa en toneladas equivalentes de petróleo.
2. *Calificación de eficiencia energética de un edificio*: Expresión de la eficiencia energética de un edificio que se determina de acuerdo con una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética. Será el proyectista (arquitecto/ingeniero) el encargado de llevarla a cabo.
3. *Certificación de eficiencia energética de proyecto*: Proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del proyecto.
4. *Hueco*: Es cualquier elemento semitransparente de la envolvente del edificio. Comprende las ventanas y puertas acristaladas.
5. *Envolvente*: Se compone de todos los cerramientos del edificio.
6. *Cargas térmicas*: Cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener unas determinadas condiciones de confort.
7. *Instalación solar térmica*: instalación que aprovecha la energía del sol para producir calor que puede aprovecharse para la producción de agua caliente.
8. *Instalación solar fotovoltaica*: instalación que aprovecha la energía solar y tiene por objetivo obtener energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.
9. *Pérdida por sombras*: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema captador a consecuencia de la existencia de sombras sobre el mismo en algún momento del día.
10. *Pérdidas por orientación e inclinación*: cantidad de irradiación solar no aprovechada por el sistema de captador a consecuencia de no tener la orientación y/o inclinación óptima.
11. *ICAEN*: “Institut Català de l’Energia”.
12. *Radiación solar*: Energía procedente del sol que llega a una determinada superficie.
13. *Coeficiente de sombras* ( $F_s$ ): Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladiza, toldos, salientes laterales u otros.
14. *ACS*: Agua caliente sanitaria, utilizada en los edificios para usos de higiene.
15. *CTE DB HE*: “Código Técnico de la Edificación, Documento básico de Ahorro de Energía”.
16. *Iluminancia*: Flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie. Su unidad es el [lux].
17. *Transparencia* ( $T$ ): porcentaje de luz natural en su espectro visible que deja pasar un vidrio.
18. *Reflexión luminosa* (RL): Haz luminoso reflejado por el vidrio con relación al haz incidente.

- 19. ESPECULARIDAD:** CUANTO MÁS RUGOSO SEA EL ACABADO, MÁS DISPERSO SERÁ EL FLUJO DE LUZ REFLEJADO, MENOR SERÁ SU ESPECULARIDAD. POR EL CONTRARIO, CUANTO MÁS LISO Y PULIDO, MAYOR SERÁ EL VALOR DE SU ESPECULARIDAD.
- 20. Reflexión:** Depende básicamente del color superficial del material. Cuanto más blanco y brillante mayor será su reflexión. El color negro es el color que menos reflexión produce.
- 21. Cerramiento:** Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.
- 22. Factor solar (FS):** Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.
- 23. Transmitancia térmica:** Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.
- 24. Conducción de calor:** mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas.
- 25. Puente térmico:** Zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción.
- 26. Nivel térmico.** Es reflejado a partir de la temperatura e indica en qué sentido fluye el calor.
- 27. Recinto no habitable:** Recinto interior no destinado al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser debajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas.
- 28. Recinto habitable:** Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas.
- 29. Espacio acondicionado:** El espacio va a disponer de un sistema de refrigeración y/o calefacción
- 30. Espacio no acondicionado:** El sistema no va a disponer de un sistema de refrigeración y/o calefacción.
- 31. Demanda calefacción:** Cantidad de energía a aportar al edificio para garantizar una  $T^a=ctt$ .
- 32. Demanda refrigeración:** Cantidad de energía a extraer al edificio para garantizar una  $T^a=ctt$ .
- 33. Inercia Térmica:** Resistencia que ofrece el elemento/material a ser calentado.